

Diplomarbeit

Möglichkeiten zur Erhöhung der Kundenzufriedenheit, Verbesserung der Qualität und Senkung der Kosten durch den Einsatz von Six Sigma in der Industrie

Wolfgang Waag

HOCHSCHULE MITTWEIDA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Betreuer: Prof.Dr. Gunnar Köbern timer

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

...

Statutory declaration

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz,

...

Inhalt

1	EINLEITUNG	1
1.1	ZIELE DES EINSATZES VON <i>Six Sigma</i> IN DER INDUSTRIE	2
1.2	WAS BEDEUTET DER EINSATZ VON <i>Six Sigma</i> FÜR DIE INDUSTRIE?	2
1.3	ÜBERBLICK	3
2	ERHÖHUNG DER KUNDENZUFRIEDENHEIT, VERBESSERUNG DER QUALITÄT UND SENKUNG DER KOSTEN DURCH DEN EINSATZ VON <i>Six Sigma</i>	6
2.1	<i>Six Sigma</i>	6
2.1.1	<i>Die Anfänge von Six Sigma</i>	8
2.1.2	<i>Rollen und Aufgaben</i>	10
2.1.3	<i>Methoden und Werkzeuge</i>	15
2.2	STATISTIK	51
2.2.1	<i>Allgemeine Grundlagen der Statistik</i>	52
2.2.2	<i>Verteilungsformen</i>	56
2.2.3	<i>Statistische Kennwerte</i>	63
2.3	EINFÜHRUNG VON <i>Six Sigma</i> IN EINEM UNTERNEHMEN	67
2.3.1	<i>Ist-Analyse ohne Einsatz von Six Sigma</i>	67
2.3.2	<i>Möglichkeiten für eine erfolgreiche Einführung von Six Sigma</i>	68
2.3.3	<i>Notwendige Rahmenbedingungen bei der Einführung von Six Sigma in der Industrie</i>	72
3	LÖSUNGSVORSCHLAG ZUR OPTIMIERUNG VON QUALITÄT, KUNDENZUFRIEDENHEIT UND KOSTEN.....	76
3.1	THEORIE ZUM BEISPIEL KOSTENREDUZIERUNG	76
3.2	BEISPIEL KOSTENREDUZIERUNG.....	77
4	SCHLUSSBETRACHTUNG/AUSBLICK	85
5	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	87
6	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	88
7	LITERATURVERZEICHNIS.....	89

1 Einleitung

Es ist derzeit so, dass das wirtschaftliche Umfeld immer schwieriger wird. Der internationale Wettbewerb wird schärfer, Personal- sowie Materialkosten steigen und die Preise gehen nach unten. Nur, wenn man seine Produkte ständig verbessert und erneuert, bleibt man wettbewerbsfähig und somit erfolgreich. Hier bietet *Six Sigma* Ansätze um diese Veränderungen schnell, effizient und nachhaltig umzusetzen.¹

Six Sigma hat sich über verschiedene Branchen, Länder und Kontinente ausgebreitet und findet sich nun schon seit einigen Jahren in Deutschland und Österreich. Ausgehend von einer Initiative der Elektroindustrie wird dieses Konzept mittlerweile in vielen wirtschaftlichen Bereichen angewandt. Vorrangig in der Fahrzeugindustrie, der Luftfahrtindustrie, in der metallverarbeitenden -, elektronischen - und chemischen Industrie, aber auch im Dienstleistungssektor wie Gastgewerbe, Versicherungs- und Finanzbereich und dem Gesundheitssektor tritt *Six Sigma* vermehrt auf.²

Obwohl es um Verbesserungen und um die Steigerung der Ergebnisse geht, stehen bei *Six Sigma* die Menschen im Mittelpunkt. Die Personen müssen sich mit der Vision von *Six Sigma* identifizieren, sie müssen die Notwendigkeit für Verbesserungen erkennen und zwar auf allen Ebenen der Organisation. Nur so ist es möglich, dass *Six Sigma* erfolgreich angewendet werden kann. Voraussetzung dafür ist ein gutes und durchdachtes Kommunikations- und Changemanagement, welches Aspekte wie Freiheit, Respekt, Gefühle, Zeit, Glaubwürdigkeit und eine einheitliche Sprache berücksichtigen.³

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, anhand von *Six Sigma* eine Möglichkeit aufzuzeigen, um die Kundenzufriedenheit zu erhöhen, die Qualität zu verbessern sowie die Kosten zu reduzieren und dadurch eine Steigerung des Gewinnes zu ermöglichen.

¹Vgl. Johann Wappis, Berndt Jung, Taschenbuch Null-Fehler-Management, 2006, Vorwort

²Vgl. Kjell Magnusson, Dag Kroslid/Bo Bergmann, Six Sigma umsetzen, 2004, S.9

³Vgl. Kjell Magnusson, Dag Kroslid/Bo Bergmann, Six Sigma umsetzen, 2004, S.13

1.1 Ziele des Einsatzes von *Six Sigma* in der Industrie

Wichtigstes Bestreben in der Industrie ist es, wie auch in anderen Branchen, den Gewinn zu erhöhen. Damit das gelingt gilt es klare Ziele zu definieren und darauf hinzuarbeiten, diese auch zu erreichen. Hauptziele von *Six Sigma* sind die Verbesserung der Produkte durch eine Erhöhung der Qualität, die Verbesserung der Kundenzufriedenheit und die Verbesserung von Prozessen. Dies geschieht durch den Einsatz von Fachleuten, die in *Six Sigma* ausgebildet sind und die nötigen Qualitätswerkzeuge sowie statistischen Mittel beherrschen. Produktverbesserungen lassen sich im Allgemeinen nur über Prozessverbesserungen erreichen. Aufgabe von *Six Sigma* ist es, die Anzahl von Fehlern in Prozessen zu erkennen, zu messen und systematisch zu entfernen.⁴ Das erhöht nicht nur die Kundenzufriedenheit, sondern es wird dadurch ein weiteres Ziel erreicht, nämlich die Reduktion von Kosten. Es geht darum, mittels *Six Sigma*, sofort messbare finanzielle Ergebnisse zu liefern, um die Wettbewerbsfähigkeit und schließlich den Gewinn zu steigern.

1.2 Was bedeutet der Einsatz von *Six Sigma* für die Industrie?

Da der Wettbewerb immer mehr zunimmt, ist es notwendig, besser zu sein als die Konkurrenz bzw. die Mitbewerber. Das bedeutet, um die Nase vorne zu haben, muss man Produkte und Leistungen in besserer Qualität, in kürzerer Zeit und zu geringeren Kosten anbieten können.⁵ ⁶Das durchschnittliche Qualitätsniveau in der Deutschen Industrie liegt bei 3,8 Sigma und bedeutet eine Ausbeute von 99 Prozent, was einer Fehlerrate von 10000 PPM (parts per million) entspricht. Weniger Fehler und somit auch weniger Fehlleistungskosten erhöhen somit die Kundenzufriedenheit und die Gewinnmargen.

Eine Methode, um die Kundenzufriedenheit und den Gewinn zu steigern, bietet *Six Sigma*. Ein Projektteam optimiert die Prozesse in fünf Schritten aus der Sicht der

⁴Vgl. Jürgen Kletti, MES- Manufacturing Execution System, 2006, S.195

⁵Vgl. Johann Wappis, Berndt Jung, Taschenbuch Null-Fehler-Management, 2006, S.1

⁶Vgl. Armin Töpfer, Lean Six Sigma, 2009, S.10

Kunden. Die Vorgehensweise heißt *DMAIC* und ist von den Begriffen *Define* (Definieren), *Measure* (Messen), *Analyze* (Analysieren), *Improve* (Verbessern) und *Control* (Überwachen) abgeleitet. Das Team definiert das Projekt genau, misst die Fehler in den verschiedenen Prozessschritten, analysiert mittels statistischer Vorgaben die erhaltenen Zahlen, erarbeitet eine Lösung und kontrolliert, ob die gefundene Lösung eine deutliche Verbesserung der Fehlerrate bringt.

Höchstes Ziel ist *Six Sigma* und entspricht 3,4 Fehlern pro einer Million Fehlermöglichkeiten oder einer Ausbeute von 99,99966 Prozent. Anhand der *Six Sigma*-Methode reduzieren die Unternehmen ihre Qualitäts- und entsprechenden Opportunitätskosten, binden zusätzlich ihre bestehenden Kunden stärker an sich und gewinnen neue hinzu.⁷

Allerdings bedeutet der Einsatz von *Six Sigma* meist ein Umdenken, eine Abkehr von bestehenden, eingespielten Handlungsweisen. Es ist eine Entscheidung für einen Wandel, um Methoden zu erlernen und anzuwenden, und schließlich eine Leistungssteigerung in der Organisation zu bewirken.

1.3 Überblick

In Kapitel 2 beschreibe ich ausführlich das Thema *Six Sigma*, wie die Bedeutung, die Geschichte, Rollen und Aufgaben der einzelnen Mitarbeiter, die Methoden und Werkzeuge, statistische Grundlagen und Kennwerte sowie die Möglichkeiten und Schwierigkeiten, die sich bei einer Einführung von *Six Sigma* in einem Unternehmen ergeben.

2.1 befasst sich mit der Bedeutung des Symbols Sigma und was es mit *Six Sigma* auf sich hat bzw. wie man zu *Six Sigma* kommt.

⁷ Vgl. Kirsten Broecheler, Cornelia Schönberger, *Six Sigma für den Mittelstand*, 2004, S.9

2.1.1 beschäftigt sich mit den Anfängen von *Six Sigma*. Wie und wo ist es entstanden, wie hat es sich entwickelt und welche Erfolge waren schließlich ausschlaggebend für den Siegeszug um die Welt.

2.1.2 geht auf die Rollen und Aufgaben in einem *Six Sigma*-Prozess näher ein. Wie ist die Ausbildung, welche Prozessverbesserungsmethoden gibt es, welche Spezialisten werden gebraucht und was sind ihre Aufgaben.

2.1.3 erörtert die Methoden und Werkzeuge die in einem *Six Sigma*-Prozess zur Anwendung kommen. Es werden die einzelnen Schritte des Verbesserungsprozesses beschrieben und die notwendigen Werkzeuge genauer erläutert. So wird näher darauf eingegangen, wofür sie eingesetzt werden und wie sie wann und von wem genutzt werden.

2.2 ist der Statistik vorbehalten. Es wird geklärt, was Statistik ist, was es für Arten gibt und was ihr Ziel ist.

2.2.1 erklärt die allgemeinen Grundlagen der Statistik und was die Vorteile von statistischen Verfahren sind. Es werden Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeiten besprochen, die Merkmalsarten erklärt und die Aufgaben der analytischen Statistik behandelt.

2.2.2 setzt sich etwas genauer mit den Verteilungsformen auseinander. Zwischen welchen Verteilungsformen wird unterschieden, welche gibt es und wie werden sie berechnet.

2.2.3, hier geht es um die statistischen Kennwerte, speziell um die Kennwerte von Stichproben. Erneut wird geklärt, welche Kennwerte es gibt und wie sie berechnet werden.

2.3 behandelt die Einführung von *Six Sigma* in einem Unternehmen. Wie beginnt eine *Six Sigma*-Initiative und was ist dabei wichtig und notwendig.

2.3.1 beleuchtet die Situation ohne Einsatz von *Six Sigma*. Wo steht das durchschnittliche Qualitätsniveau in der deutschen Industrie und warum ist es in manchen Bereichen wichtig, nach Null-Fehler-Qualität zu streben.

2.3.2 bearbeitet die Möglichkeiten einer erfolgreichen Einführung von *Six Sigma* in einem Unternehmen. Ich gehe auf die drei Hauptansätze zur Umsetzung ein, erwäge die Option, die Verbesserungsmethoden DMAIC und DMADV sowie die *Six Sigma*-Toolbox in bereits vorhandene Strategien und Verbesserungsprogrammen zu integrieren und zeige die Chance auf, mit Hilfe des 12- Schritte- Umsetzungsmodells, *Six Sigma* erfolgreich einzuführen.

2.3.3 klärt schließlich die nötigen Rahmenbedingungen, die bei der Einführung von *Six Sigma* nötig sind wie die Überzeugung des Geschäftsführers und des oberen Managements, die Auswahl der richtigen Mitarbeiter und des richtigen Startprojekts. Es wird auch auf die zu erwartenden Schwierigkeiten und Hürden eingegangen.

Kapitel 3 erarbeitet einen Lösungsvorschlag zur Qualitätsoptimierung, Steigerung von Kundenzufriedenheit und Senkung der Kosten.

3.1 beschreibt detailliert die Theorie zum anschließenden praktischen Beispiel.

3.2 erläutert anhand eines praktischen Beispiels wie die Umsetzung eines *Six Sigma*-Projektes von statten gehen kann.

Schließlich spreche ich in Kapitel 4, mittels Schlussbetrachtung, noch einmal die wichtigsten Punkte an und gebe abschließend einen möglichen Ausblick, wie sich *Six Sigma* in Zukunft entwickeln wird.

2 Erhöhung der Kundenzufriedenheit, Verbesserung der Qualität und Senkung der Kosten durch den Einsatz von *Six Sigma*

Um über diese Ziele sprechen zu können, ist es nötig, sich näher mit *Six Sigma* zu befassen. Erst wenn man weiß, wie *Six Sigma* funktioniert und angewendet wird, hat man die Möglichkeit, es so zu gebrauchen, dass sich die Qualität verbessert, dass die Kundenzufriedenheit steigt und dass die Kosten sinken. Dadurch erhöht sich der Gewinn und das Unternehmen bleibt wettbewerbsfähig.

2.1 Six Sigma

Sigma (σ) ist ein Buchstabe des griechischen Alphabets und das Symbol für die Streuung eines Prozesses.⁸ Neben dem Mittelwert ist Sigma auch einer der Parameter der *Gaußschen Normalverteilung*.⁹

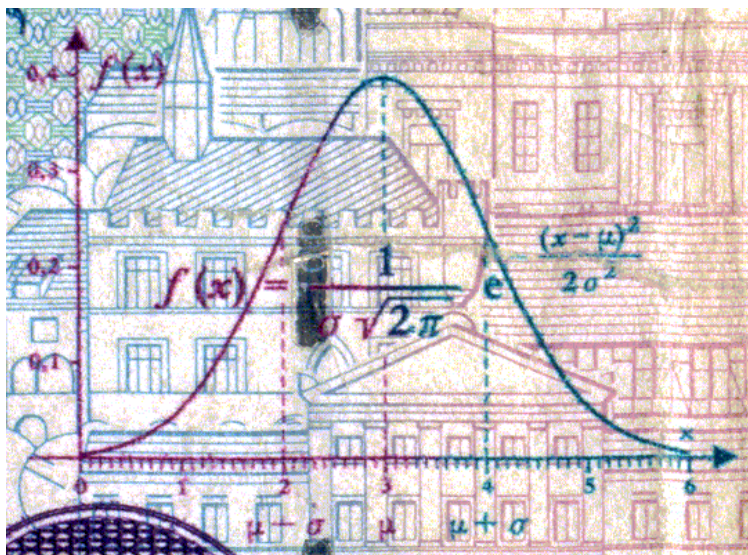


Abb. 1: Die Gaußsche Glockenkurve (Normalverteilung) auf einem alten 10-DM-Schein¹⁰

⁸Vgl. http://www.sti-mi.de/index.php?option=com_content&task=view&id=223&Itemid=88, Stand: 25.05.2010

⁹ Vgl. Franz J. Brunner, Karl W. Wagner, Qualitätsmanagement, 2008, S. 268

¹⁰ Quelle: <http://www.arndt-bruenner.de/mathe/bilder/gauss10dm.gif>, Stand: 25.05.2010

Firmen haben den Wunsch, Produkte und Teile zu fertigen oder zu kaufen, die keine Fehler haben. Dieser Null-Fehler-Strategie kommt man mit *Six Sigma* sehr nahe. Der Name „*Six Sigma*“ beschreibt die Qualität des Prozesses, die man erreichen möchte.

Qualitätsmanagement Methode zur ständigen Qualitätsverbesserung
angestrebte Ausschussquote (First Run Capability) im ppm-Bereich
langfristige Mittelwertverschiebung eines Fertigungsprozesses um $\pm 1,5\sigma$ zugestanden

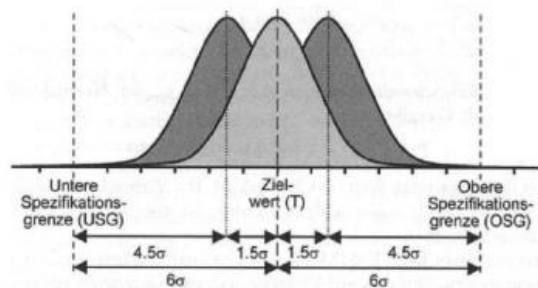


Abb.2: Der Six Sigma-Prozess¹¹

Die mittlere Kurve in Abb.2 zeigt einen zentrierten Prozess innerhalb der Toleranzgrenzen. Dessen Streubreite ist so gering, dass die Standardabweichung σ insgesamt 12Mal innerhalb der Spezifikationsgrenzen untergebracht werden kann und zwar sechs Mal links und sechs Mal rechts des Mittelwerts.

In der Praxis schwankt dieser Prozess im Laufe der Zeit etwas. Man geht für die Berechnung von einer Verschiebung der Normalverteilung um $1,5\sigma$ nach links oder nach rechts aus. Der Mittelwert ist nun $4,5\sigma$ von der Toleranzgrenze entfernt und für diese verschobene Prozesslage wird der Fehleranteil berechnet.

Da die Normalverteilung nur scheinbar die X-Achse berührt, existiert auch eine Fläche unter der Kurve außerhalb der Spezifikationsgrenzen. Diese Fläche entspricht dem Fehleranteil und beträgt etwa 3,4 Fehler pro einer Million Möglichkeiten für den, um $1,5\sigma$ verschobenen Prozess.¹²

„Six Sigma ist ein strikt top- down durchgeführtes Prozessverbesserungskonzept, welches mit besonders geschulten Personengruppen- so genannten ‘Belts’- in

¹¹ Quelle: http://static1.cobocards.com/data/image/card/480_300/6/3/65107989.jpg, Stand: 25.05.2010

¹² Vgl. Johann Wappis, Berndt Jung, Taschenbuch Null-Fehler-Management, 2006, S. 4

strukturierter Weise und mit Hilfe von Methoden und Techniken finanziell messbare Verbesserungsprojekte umsetzt.“¹³

Viele Bestandteile von *Six Sigma* als Qualitätsmanagement-Konzept sind nicht vollständig neu. Das ist ein Vorteil, denn so erhöhen sich die Realisierungschancen in einem Unternehmen mit gut entwickeltem Qualitätsmanagement. Neu ist das angestrebte Qualitätsniveau der Null-Fehler-Strategie, welches als Zielrichtung 3,4 Fehler bei einer Million Möglichkeiten zulässt und ein Qualitätsniveau von 99,99966% bedeutet.¹⁴

2.1.1 Die Anfänge von *Six Sigma*

***“Six Sigma is making war on defects“.*¹⁵**

Bill Smith, Motorola Vice President and Senior Quality Assurance Manager

Bill Smith gilt in Fachkreisen als der Begründer von *Six Sigma*. Er arbeitete als Ingenieur bei Motorola und begann damit, hinter den Kulissen Aufzeichnungen über den Zusammenhang zwischen Produktlebensdauer und Reparaturen des Produkts während der Herstellung zu führen. Er fand heraus, dass Produkte, die während des Fertigungsprozesses repariert wurden, beim Kunden schon sehr früh zu Schwierigkeiten oder Ausfällen führten. Mit diesen Aufzeichnungen konfrontierte er Mitte der 1980er-Jahre Bob Galvin, CEO (Chief Executive Officer) von Motorola. Als Resultat begann Motorola, die Qualität zu verbessern und zugleich die Kosten zu reduzieren, indem sie die Entwicklung und Herstellung eines Produktes in den Mittelpunkt stellten. Sie rationalisierten in allen Tätigkeitsfeldern bis hin zu den Prozessen.¹⁶

¹³Vgl. Dr. J. Gamsweger, Dr. O. Jöbstl, *Six Sigma Belt Training*, 2006, S. 9

¹⁴ Vgl. Armin Töpfer, *Six Sigma: Konzeption und Erfolgsbeispiele für praktizierte Null- Fehler- Qualität*, 2007, S. 3

¹⁵R J M M Does, *Zes Sigma zakelijkverbeterd*, 2001, S. 29

¹⁶Vgl. Mikel J. Harry, Richard R. Schroeder, *Six Sigma*, 2000, S. 25 ff

Michael J. Harry, ebenfalls bei Motorola tätig, entwickelte ein Modell zur Verbesserung des Produktdesigns zur Eliminierung von fehlerhaften Produkten und somit von Fehlerkosten. *Six Sigma* wurde nach und nach im gesamten Unternehmen eingeführt und verhalf Motorola zu enormen Erfolgen, sowohl auf die Qualität bezogen als auch wirtschaftlich. 1994 gründete Harry in Arizona die *Six Sigma*-Academy und legte so die Basis für den Höhenflug von *Six Sigma*.¹⁷

Einer der ersten Kunden von Michael J. Harry war General Electric (GE). Durch die Erfolge bei GE erlangte *Six Sigma* die größte Popularität.

1996 führte der damalige Manager, Jack Welch, *Six Sigma* als verbindliche Qualitätsstrategie für den gesamten Konzern ein. Auf der Jahreshauptversammlung von 1996 verkündete er das ehrgeizige Ziel, bis zum Jahr 2000 *Six Sigma*-Qualität zu erreichen. Bisher lag das Qualitätsniveau von GE bei drei bis vier Sigma, das entsprach auch dem Durchschnittswert der meisten erfolgreichen Unternehmen. Allerdings verschleuderte GE dadurch die enorme Summe von 7 bis 10 Milliarden Euro pro Jahr an Ausschuss, Nacharbeit von Teilen, verlorene Produktivität, Unwirtschaftlichkeiten etc.

Welch gründete 1996 das Leadership Development Institute in Croctonville. Andere Trainingscenter wurden mit finanziellen Mitteln in Höhe von 200 Millionen US- Dollar für die Schulung von Mitarbeitern ausgestattet. Es wurden, unter anderem, 200 Master Black Belts und 800 Black Belts in der Durchbruchstrategie ausgebildet, weitere 20.000 Ingenieure in „Design for *Six Sigma*“, dem präventiven Ansatz von *Six Sigma*.¹⁸

Im Jahr 1997 hat sich die Investition auf 380 Millionen US-Dollar erhöht. Waren 1996 die Kosten durch umfangreiche Trainingsmaßnahmen noch höher als der erzielte Nutzen, gab es 1997 bereits Einsparungen in der Höhe von 700 Millionen US-Dollar. Diese Einsparungen stiegen in den Folgejahren überproportional an sodass für 1999

¹⁷ Vgl. Armin Töpfer, *Six Sigma: Konzeption und Erfolgsbeispiele für praktizierte Null- Fehler- Qualität*, 2007, S. 357

¹⁸ Vgl. SerkanTavasli, *Six Sigma Performance Measurement System*, 2007, S. 41

ein Net-Benefit (Differenz zwischen Nutzen und Kosten) von ca. 2 Milliarden US-Dollar und für 2000 ein Net-Benefit von ca. 2,9 Milliarden US-Dollar erzielt wurden.¹⁹

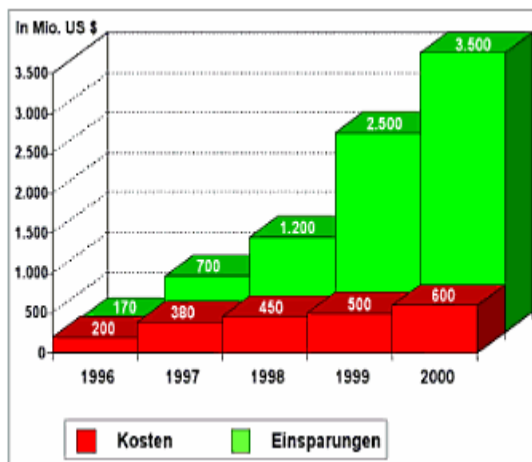


Abb.3: Nettoeinsparungen durch Six Sigma bei General Electric²⁰

2.1.2 Rollen und Aufgaben

Um *Six Sigma* umzusetzen, braucht es Spezialisten, so genannte „Belts“, die das nötige Wissen über die *Six Sigma*-Philosophie erworben haben. Sie sind für die Verbesserungsarbeit zuständig. Die Grade der Ausbildung sind an die asiatischen Kampfsportarten angelehnt und symbolisieren sie, je nach Ausbildung, mit verschiedenen Gürtelfarben. So gibt es White Belts, Yellow Belts, Green Belts, Black Belts, Master Black Belts und Champions. Sie haben unterschiedliche Ausbildungen und erfüllen verschiedene Aufgaben. Ihnen allen ist die Aufgabe gemeinsam, Prozesse oder auch Designs zu verbessern bzw. zu erneuern. Bei der Prozessverbesserungsmethode DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) werden bereits bestehende Prozesse verbessert. Bei der Designverbesserungsmethode DMADV (Define, Measure, Analyze, Design, Verify) erfolgt eine völlige Neugestaltung von Prozessen. Dabei kommen je nach Stufe

¹⁹ Vgl. Armin Töpfer, *Lean Six Sigma: Erfolgreiche Kombination von Lean Management, Six Sigma und Design for Six Sigma*, 2008, S. 50f

²⁰ Quelle: Armin Töpfer, *Lean Six Sigma: Erfolgreiche Kombination von Lean Management, Six Sigma und Design for Six Sigma*, 2008, S. 51

verschiedene Werkzeuge zur Anwendung. In weiterer Folge wird auf die Aufgaben der Belts und die Anwendung verschiedener Werkzeuge genauer eingegangen.

White Belts/Yellow Belts:

Sie bilden die erste Stufe der *Six Sigma*-Hierarchie.

Es sind Mitarbeiter, die eine Einführung über *Six Sigma* erhalten haben. Sie können somit ihr fachliches Wissen einbringen und unterstützende Tätigkeiten im Rahmen eines *Six Sigma*-Projektes durchführen. Bei ihrer Schulung ist es wichtig, dass sie ein Verständnis für die Philosophie von *Six Sigma*, den DMAIC-Prozess und die spezifischen Fachtermini (CTQ, FpMM-Fehler pro Million Möglichkeiten, etc.) entwickeln. Ein Grund für eine White Belt-Schulung ist auch, die Akzeptanz unter den Mitarbeitern zu sichern und einer Ablehnung aufgrund von Informationsdefizit entgegenzuwirken.²¹ Eine weitere wichtige Rolle hat diese Gruppe nach Abschluss eines Projektes. Sie sorgen dafür, dass die Verbesserungen, die erarbeitet wurden, aufrechterhalten bleiben.²²

Green Belts:

Sie können eigenständig mit *Six Sigma* arbeiten, es aber nicht lehren und sie sind in der Lage, die Grundbegriffe der Statistik einzusetzen.²³

Green Belts bilden die Basis für die Besetzung eines *Six Sigma*-Teams. Meist sind sie für die Dauer eines Projektes einem Black Belt unterstellt. Ihre Aufgabe ist es, die Aktivitäten während eines DMAIC-Zyklus zu unterstützen, z.B. bei der Anwendung von Techniken und Methoden oder bei der Datenerhebung und Recherche. Manchmal übernehmen Green Belts auch selbst die Leitung kleinerer

²¹Vgl. Dr. J. Gamsweger, Dr. O. Jöbstl, *Six Sigma Belt Training*, 2006, S 21f

²²Johann Wappis, Berndt Jung, *Taschenbuch Null-Fehler-Management*, 2006, S 7

²³Vgl. Kirsten Broecheler, Cornelia Schönberger, *Six Sigma für den Mittelstand*, 2004, S 16

Verbesserungsprojekte, diese sind aber meist vom Umfang, dem Einsparungspotential und von der Komplexität her geringer als Black Belt-Projekte.

Green Belts sind nur zum Teil für die Arbeit an *Six Sigma*-Projekten freigestellt.²⁴

Black Belts:

Ihnen kommt die tragende Rolle in der Umsetzung von *Six Sigma* zu. Sie unterstützen die Champions bei der Auswahl von *Six Sigma*-Projekten und setzen diese Verbesserungsprojekte mit Unterstützung ihres Teams um.²⁵

Black Belts sind sowohl für das Projektmanagement als auch für die Dokumentation verantwortlich. Sie sind umfassend in Statistik geschult, besitzen das Wissen, um wirtschaftliche Zusammenhänge zu erkennen und verfügen über analytische Fähigkeiten. Black Belts sollten zu 100% für *Six Sigma* im Einsatz sein.²⁶

Master Black Belts:

Sie führen gemeinsam mit den Champions die *Six Sigma*-Initiative und unterstützen sie bei der Auswahl geeigneter Mitarbeiter für das *Six Sigma*-Programm.

Master Black Belts nehmen für die gesamte Organisation die Rolle eines Veränderungsmanagers ein. Sie haben die Qualifikation eines Black Belts und arbeiten vollzeitlich im *Six Sigma*-Ausbildungsprogramm als Referent. Sie fungieren als Coaches, Trainer und Ausbilder für Black Belts und Green Belts.²⁷

Master Black Belts sind in der Regel ehemalige, erfahrene Black Belts.

²⁴Vgl. Dr. J. Gamsweger, Dr. O. Jöbstl, *Six Sigma Belt Training*, 2006, S. 23

²⁵Vgl. Johann Wappis, Berndt Jung, *Taschenbuch Null-Fehler-Management*, 2006, S. 7

²⁶Vgl. Helge Toutenburg, Philipp Knöfel, *Six Sigma: Methoden und Statistik für die Praxis*, 2007, S. 26

²⁷Vgl. Kjell Magnusson, Dag Kroslid/Bo Bergmann, *Six Sigma umsetzen*, 2004, S. 24

Champions:

Sie identifizieren Projekte und stellen die nötigen Ressourcen für die Umsetzung zur Verfügung.

Champions sorgen für eine optimale Besetzung des Projektteams und stellen Black Belts und Green Belts für die Projektarbeit frei.²⁸ Meist sind sie Mitglieder der Firmenspitze. Sie müssen *Six Sigma*-Experten sein brauchen allerdings keine tiefergehenden Kenntnisse über Statistik und sie müssen hinter den Zielen und erforderlichen Verbesserungen stehen.

Ein Champion muss und soll gewisse Aufgaben erfüllen und Eigenschaften besitzen.²⁹

Ein Champion muss:

- Eine Leidenschaft für Prozessverbesserungen haben und die dafür erforderliche Ausdauer besitzen.
- Betriebsam sein und zu Geschäftsentwicklungen und Ergebnissen beitragen.
- Die Forderung vertreten, dass jegliche Verbesserungsarbeit zu Kostenreduzierungen führen muss.
- Eine Führungskraft sein, welche die Black Belts und andere motivieren kann.
- Pädagogische Fähigkeiten besitzen und ein Interesse dafür zeigen, andere zu unterrichten.

²⁸ Vgl. Helge Toutenburg, Philipp Knöfel, *Six Sigma: Methoden und Statistik für die Praxis*, 2007, S. 25

²⁹ Vgl. Kjell Magnusson, Dag Kroslid/Bo Bergmann, *Six Sigma umsetzen*, 2004, S. 62

Ein Champion sollte:

- Prozessleistungen beurteilen und diskutieren sowie Verbesserungsmöglichkeiten priorisieren.
- Eine Strategie und einen Arbeitsplan entwickeln, der die erfolgskritischen Tätigkeiten enthält.
- Für eine systematische Bewertung der Prozessleistung mit Hilfe von Dpmo (defects per million opportunities) sorgen.
- *Six Sigma*- Statistiken anwenden, um unzureichende Prozessleistung zu analysieren und um Lösungen vorzuschlagen.
- Pläne, Methoden und erreichte Ergebnisse kommunizieren.
- Trainingskurse halten und Einzelpersonen in ihrer praktischen Arbeit unterstützen.



Abb.4: Rollen und Aufgaben in Six Sigma³⁰

³⁰Quelle: <http://thurnerundpartner.de/bilder/sixsigmarollen.jpg>, Stand: 02.06.2010

2.1.3 Methoden und Werkzeuge

Um Verbesserungsmethoden zu unterstützen, gibt es bei *Six Sigma* zwei Verbesserungsmethoden: eine für Prozessverbesserungen (DMAIC) und eine für Designverbesserungen (DMADV). Weiters gibt es wirkungsvolle Verbesserungswerkzeuge und Denkmodelle.³¹

Die am häufigsten eingesetzte Methode ist die Prozessverbesserungsmethode DMAIC. Diese ist relativ einfach anwendbar, systematisch und formalisiert.

DMAIC bedeutet *define* (definieren), *measure* (messen), *analyze* (analysieren), *improve* (verbessern), *control* (überprüfen) und bezeichnet die fünf Phasen dieser Methode. Sie wird eingesetzt, um bereits bestehende Prozesse nachhaltig zu verbessern.³² Unternehmen welche *Six Sigma* benützen wenden die DMAIC-Methode an, da sie wirkliche Ergebnisse und reale Verbesserungen ermöglicht. Sie ist für Verbesserungen aller Arten von qualitätskritischen Merkmalen geeignet, wie kundenkritischen-, prozesskritischen-, und vorgabenkritischen Merkmalen, anwendbar auf alle Arten von Prozessen.

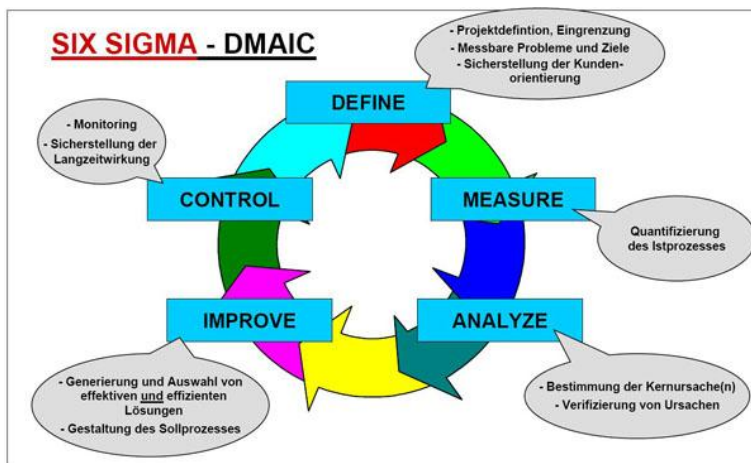


Abb.5: DMAIC-Verbesserungsprozess³³

³¹Vgl. Kjell Magnusson, Dag Krosliid/Bo Bergmann, *Six Sigma umsetzen*, 2004, S. 39

³²Vgl. Kjell Magnusson, Dag Krosliid/Bo Bergmann, *Six Sigma umsetzen*, 2004, S. 41

³³Quelle: http://www.six-sigma.me/workspace/images/six_sigma_dmaic_1.jpg, Stand: 10.11.2011

DEFINE/DEFINIEREN:

In dieser Phase werden die Voraussetzungen für die Umsetzung des Verbesserungsprojektes geschaffen, deshalb ist es wichtig, das Problem klar zu definieren. Das ist das Ziel dieser DEFINE-Phase.³⁴

Hauptaufgaben in der DEFINE-Phase³⁵:

- **Ausgangssituation beschreiben:**

Das Projektteam startet mit einer Beschreibung der Ausgangssituation und der beabsichtigten Verbesserung. Die Ausgangssituation wird klar, verständlich und vollständig beschrieben.

- **Prozessüberblick schaffen:**

Hier ist es nötig, sich einen Überblick über den zu verbessernden Prozess zu schaffen. Mit Hilfe der SIPOC-(Supplier Input Process Output Customer)–Analyse schafft man ein einheitliches Verständnis für die zu verbessernde Situation. In dieser Phase wird auch das Umfeld des Projektes beleuchtet, da jedes Verbesserungsprojekt Änderungen mit sich bringt.

- **Kunden und deren Forderungen ermitteln:**

Dabei ist es wichtig, sich ein klares Bild von den Bedürfnissen und Anforderungen des Kunden zu machen. Prozesse können nur dann optimiert werden, wenn klar ist, wer die Kunden des Prozesses sind und was sie benötigen. Unter *Voice of the Customer* (VoC) versteht man einerseits die Stimme des Kunden und andererseits ein Werkzeug, das dazu dient, aus den in der Kundensprache formulierten Bedürfnissen konkrete Spezifikationen für das Produkt oder die

³⁴Vgl. Greg Brue, Six Sigma for managers, 2002, S. 93

³⁵Vgl. Johann Wappis, Berndt Jung, Taschenbuch Null-Fehler-Management, 2006, S. 79ff

Leistung abzuleiten. Eine wichtige Spezifikation wird dabei als *Critical to Quality* (CTQ) bezeichnet und ist für die Erfüllung der Kundenzufriedenheit von besonderer Bedeutung.

- **Projekt definieren:**

Der Abschluss der DEFINE-Phase ist die Abstimmung und Unterzeichnung des Projektauftrages. Mit der Unterzeichnung des Auftrages wird das Team formell beauftragt, das Projekt umzusetzen.

Werkzeuge in der DEFINE- Phase³⁶:

- Kepner-Tregoe-Analyse
- SIPOC: Flowchart der Prozesse vom Lieferanten bis zum Kunden
- CTQ-Baum: Beschreibung der qualitätskritischen Parameter
- VoC: Lösung eines verbal formulierten Kundenproblems

Der Zweck der DEFINE-Phase ist es, die Ziele, die Grundsätze und die Aufgabenbereiche des Projekts zu ermitteln, Informationen vom Kunden zu sammeln und in den Prozess einzubeziehen und die Projektergebnisse dem Kunden mitzuteilen.³⁷

MEASURE/MESSEN

In dieser Phase werden, ausgehend von den Kundenforderungen, die kritischen Merkmale für das Produkt oder die Dienstleistung bestimmt. Anschließend legt man die Prozessfähigkeit für die kritischen Merkmale und das vorhandene Verbesserungspotential fest. Anhand der Messungen erkennt man, wo innerhalb der Prozesskette die größten Abweichungen und Störungen auftreten. Diese Probleme werden zuerst bearbeitet. Ergebnis der MEASURE-Phase ist die eindeutige

³⁶Vgl. Ekbert Hering, Taschenbuch für Wirtschaftsingenieure, 2009, S. 313

³⁷Vgl. Greg Brue, Rod Howes, The McGraw- Hill 36- hour course Six Sigma, 2005, S. 155

Problembeschreibung, belegt durch Zahlen, Daten und Fakten. Die zu lösenden Probleme werden, der Dringlichkeit nach, in einer Prioritätenliste angeführt.³⁸

Hauptaufgaben in der MEASURE-Phase³⁹:

- **Prozess detaillieren:**

In der Phase DEFINE wird der Prozess, mittels SIPOC-Darstellung, in Form eines Flussdiagramms dargestellt. In der MEASURE-Phase geschieht das nun etwas genauer. Der Zweck dahinter ist eine klare Darstellung der Struktur des Prozesses, die Schaffung eines einheitlichen Verständnisses für den Prozess im Team, das einfachere Identifizieren von Schnittstellen zu anderen Prozessen, das leichtere Erkennen und Zuordnen von Einflussgrößen und das Identifizieren der Zusammenhänge im Prozess, damit sich Ansätze zur Optimierung bestimmen lassen.

- **Vorhandene Daten interpretieren:**

Hat man nun ein klares Bild von dem zu optimierenden Prozess, versucht man aus den bestehenden Daten alles an möglichen Informationen herauszuholen. Diese Daten stehen sehr schnell und ohne Aufwand zur Verfügung. Leider ist meist nicht bekannt, unter welchen Bedingungen diese Daten erhoben wurden, oft fehlen auch ergänzende Informationen. Aus diesem Grund müssen die Daten immer kritisch auf Plausibilität geprüft werden. Diese Aufzeichnungen haben meist einen hohen Wert für das Verbesserungsprojekt, da man die Ist-Situation besser beurteilen und oft auch auf mögliche Ursachen schließen kann.

³⁸Vgl. Alfred Schulze, Edgar Dietrich, Statistische Verfahren zur Maschinen- und Prozessqualifikation, 2009, S. 31

³⁹Vgl. Johann Wappis, Berndt Jung, Taschenbuch Null-Fehler-Management, 2006, S. 87ff

- **Daten erfassen und auswerten:**

Es ist oft erforderlich, aus der laufenden Produktion zusätzliche Daten zu erfassen, um ein klareres Bild von dem zu optimierenden Prozess zu erhalten. Während des Verbesserungsprojektes werden vorübergehend Messungen und Prüfungen durchgeführt, die über den normalen Umfang hinausgehen. Da die Erfassung und Analyse von Daten in der Regel oft zeitaufwändig und kostenintensiv ist, muss sich das Team auf die wesentlichen Merkmale beschränken. Normalerweise werden die zu erfassenden Merkmale aus den CTQ's abgeleitet. Die Erfassung selbst soll so einfach wie möglich gestaltet werden. Durch die Erfassung der Daten bekommt man ein Bild über den tatsächlichen Ausgangszustand und es werden bereits einige Ansatzpunkte für die ANALYZE-Phase geliefert. Zum Beispiel, welche Fehler am häufigsten und in welcher Regelmäßigkeit sie auftreten.

- **Eignung des Prüfsystems sicherstellen:**

Bei *Six Sigma*-Projekten werden Entscheidungen auf Basis von Zahlen, Daten und Fakten getroffen. Diese werden mit Hilfe von Prüfsystemen erhoben. Es gibt drei Arten der Prüfung:

Die **messende Prüfung** bietet die beste Beurteilungsmöglichkeit. Dabei bilden die Messergebnisse eine sehr gute Basis für den Nachweis der Fähigkeit, für die Optimierung der Prozesse und für die Prozessregelung.

Die **lehrende Messung** ist eine funktionsorientierte Prüfung. Das Ergebnis der Prüfung ist eine eindeutige Aussage, z.B. gut oder schlecht.⁴⁰ Eine Veränderung des Prozesses wird erst erkannt, wenn die Toleranzgrenzen erreicht sind. Auf Basis der lehrenden Prüfung ist eine Prozessoptimierung sehr schwierig bzw. nicht möglich.

⁴⁰ Vgl. Tilo Pfeifer, Fertigungsmesstechnik, 2001, S. 297

Die **subjektive Prüfung** ist kritisch zu betrachten, denn unterschiedliche Mitarbeiter prüfen unterschiedlich kritisch. Das Ergebnis hängt auch stark von der subjektiven Wahrnehmung der prüfenden Person ab.

Da an Bauteile immer höhere Anforderungen gestellt werden, werden auch die Spezifikationsgrenzen immer enger gesetzt. In der Folge steigen auch die Anforderungen an die Messsysteme. Es kann bei *Six Sigma*-Projekten durchaus vorkommen, dass nach einer Optimierung des Prozesses das vorhandene Messsystem nicht mehr geeignet ist.

- **Prozessleistung ermitteln:**

Ist nun ein Prozess detailliert dargestellt und sind dazu auch Daten erhoben worden, muss die Güte dieses Prozesses mittels aussagefähiger und vergleichbarer Kennzahlen bewertet werden. Damit man eine Aussage über den Prozess treffen kann, beurteilt man das Ergebnis des Prozesses sowie die eingesetzten Mittel. Dabei erhält man eine Aussage über die Effektivität und die Effizienz.

Um die Ausgangssituation zu bewerten, kommen bei *Six Sigma*-Projekten folgende Verfahren zur Anwendung:

Bewertung von kontinuierlichen Merkmalen. Dabei ist die Zielsetzung die Optimierung von messbaren Merkmalen an Produkten, wie Länge, Durchmesser, Rauheit etc. Hier werden normalerweise die Prozessfähigkeitsindizes c_p und c_{pk} ⁴¹ verwendet.

Bewertung von diskreten Merkmalen. Diskrete Merkmale sind zum Beispiel die Anzahl von Fehlern pro Teil oder auch die Anzahl von fehlerhaften Teilen pro Fertigungslos. Dabei verwendet man

⁴¹Vgl. Kurt Matyas, Taschenbuch Instandhaltungslogistik: Qualität und Produktivität steigern, 2007, S. 266

Kennzahlen wie DPMO (defects per millionopportunities), PPM (parts per million) oder RTY (rolledthroughputyield).

Bewertung von Prozessparametern. Das sind zum Beispiel Durchlaufzeiten, Wartezeiten, Rüstdauer, Personal- und Materialeinsatz. Um die Prozessparameter zu vergleichen, werden hier häufig Mittelwerte und Streuung verwendet.

Bewertung der Gesamtanlageneffizienz. Diese strebt eine Maximierung des Outputs, wie spezifikationskonforme Leistung, bei Minimierung des Inputs, wie Personal-, Maschinen- und Materialeinsatz an. Somit steht eine Kennzahl zur Verfügung, die ein gesamtes Bild des Prozesses zeigt.

Werkzeuge in der MEASURE- Phase⁴²:

- Prozessvisualisierung mit Process Mapping
- Statistische Versuchsplanung
- Messmittelfähigkeit

Ziel der MEASURE-Phase ist es, den aktuellen Qualitätsgrad für jede Anforderung zu ermitteln.⁴³

ANALYZE/ANALYSIEREN

In dieser Phase werden die Messergebnisse aus der MEASURE-Phase aufbereitet und strukturiert. Dabei muss man eine detaillierte Problemanalyse mit Hilfe mathematischer Methoden durchführen. Jetzt wird der statistische Kern von Six

⁴²Vgl. Ekbert Hering, Taschenbuch für Wirtschaftsingenieure, 2009, S. 313

⁴³Vgl. Rüdiger Zarnekow, Walter Brenner, Uwe Pilgram, Integriertes Informationsmanagement, 2005, S. 120

Sigma deutlich, denn ohne statistische Kenntnisse kann diese Phase nicht bewältigt werden.⁴⁴

Hauptaufgaben in der ANALYZE-Phase⁴⁵:

- **Mögliche Haupteinflussgrößen identifizieren:**

Hier gelten als Haupteinflussgrößen die Kundenforderungen. In der DEFINE-Phase werden aus den allgemein formulierten Kundenforderungen messbare Spezifikationen, die CTQ's, abgeleitet. In der MEASURE-Phase wird der aktuelle Zustand dieser Spezifikationen gemessen. Damit ist die Ausgangssituation beschrieben und nun sollen die Ursachen für das Problem bestimmt werden. Je nach Problemstellung wird man in der ANALYZE-Phase verschiedene Vorgehensweisen wählen, um Prozesse zu analysieren - wie die Analyse der Prozessdaten, die Wertschöpfungsanalyse, die Informationsflussanalyse und die Leistungsanalyse. Ebenso müssen mögliche Einflussgrößen in Prozessschritten identifiziert werden, dabei ist die grundsätzliche Vorgehensweise zur Optimierung von Prozessen immer gleich. Zuerst werden die besonderen Ursachen der Streuung entfernt, somit ist der Prozess stabil, dann wird der Prozess zentriert und die Streuung weiter reduziert. Das passiert, indem man auf die Streuungsursachen Einfluss nimmt, was nur geschehen kann, wenn man über die Zusammenhänge im Prozess Bescheid weiß. Einflussgrößen sind Steuergrößen und Störgrößen. Steuergrößen können auf einen bestimmten Wert eingestellt und dort gehalten werden, wie die Temperatur in einem Härteofen oder die Vorschubgeschwindigkeit einer Drehmaschine. Störgrößen können normalerweise nicht auf einen bestimmten Wert eingestellt werden. Meist wird die Beeinflussung dieser Ursachen durch die technische Machbarkeit und die damit verbundenen Kosten verhindert. Beispiele

⁴⁴Vgl. Carsten Gundlach, Praxishandbuch Six Sigma: Fehler vermeiden, Prozesse verbessern, Kosten senken, 2008, S. 344

⁴⁵Vgl. Johann Wappis, Berndt Jung, Taschenbuch Null-Fehler-Management, 2006, S. 185ff

wären die Umgebungstemperatur oder die üblichen Schwankungen im Rohmaterial von Charge zu Charge. Nun gilt es, aus den vielen möglichen Einflussgrößen jene auszuwählen, die man näher untersuchen soll. Dabei sind die in der MEASURE-Phase erhobenen Daten wichtige Informationsquellen.

- **Ursachen- Wirkungs- Zusammenhänge ermitteln und darstellen:**

Hier gilt es zu klären, ob die gefundenen Ursachen einen tatsächlichen Einfluss auf die zu optimierenden Merkmale haben und, wenn ja, wie die Zusammenhänge sind. Das geschieht vor allem mittels:

Systematischer Beobachtung des laufenden Prozesses: Hier ist vor allem der zeitliche Verlauf für ein Eingrenzen bzw. Ausschließen von Ursachen hilfreich.

Beurteilung mittels Kennwerten aus dem laufenden Prozess: Hier bildet man aus bestehenden Daten aussagekräftige Kennwerte. Mittels Testverfahren prüft man, ob die erkannten Effekte auch tatsächlich wesentlich sind.

Versuchsplanung mit „einfachen Methoden“: Hier wird Versuchsmethodik angewandt, die von Dorian Shainin entwickelt wurde. Es sind relativ einfach anwendbare Werkzeuge.⁴⁶ Sie werden als Vorgehensweise angesehen die man selbst schon häufig angewendet hat, da sie sind sehr stark vom gesunden Menschenverstand geprägt sind.

Versuchsplanung mit Statistischen Versuchsplänen: Hier lassen sich mit Hilfe Statistischer Versuchsmethodik komplexe Ursachen-Wirkungs-Zusammenhänge erfassen und beschreiben.

⁴⁶Vgl. Gerd F. Kamiske, Qualitätstechnik für Ingenieure, 2009, S. 177

Werkzeuge in der ANALYZE-Phase⁴⁷:

- Prozess-, Wertschöpfungs-, Materialfluss-, Wertstrom- und Datenanalyse
- Fischgrätendiagramm nach Ishikawa
- Paretodiagramm
- Regressionsanalyse

Am Ende dieser Phase werden die mit den unterschiedlichen Verfahren gewonnenen Erkenntnisse zusammengefasst. Mit dem Wissen um die Zusammenhänge im Prozess kann man nun an die Verbesserungen herangehen.

Ziel der ANALYZE-Phase ist es, die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Zielgrößen des Prozesses zu identifizieren und den Ursachen-Wirkungs-Zusammenhang darzustellen.

IMPROVE/VERBESSERN

In dieser Phase besteht die Verbesserung darin, die Ursachen der Störung abzustellen bzw. zu verringern. Das Team muss sich Maßnahmen überlegen, um die Störungsursachen zu eliminieren, weiters muss es die Umsetzung dieser Maßnahmen planen und durchführen. Auch in dieser Phase kommen wieder viele statistische Werkzeuge zum Einsatz.⁴⁸

Hauptaufgaben der IMPROVE-Phase⁴⁹:

- **Lösungsvarianten entwickeln:**

Hier werden je nach Art des Verbesserungsprojektes, verschiedene Vorgehensweisen zur Entwicklung von Lösungsvarianten angewendet.

⁴⁷Vgl. Ekbert Hering, Taschenbuch für Wirtschaftsingenieure, 2009, S. 313

⁴⁸Vgl. Alfred Schulze, Edgar Dietrich, Statistische Verfahren zur Maschinen- und Prozessqualifikation, 2009, S. 32

⁴⁹Vgl. Johann Wappis, Berndt Jung, Taschenbuch Null-Fehler-Management, 2006, S. 262ff

In jedem Fall muss es neben der Planung der Verbesserungsmaßnahmen auch eine Planung der Wirksamkeitsprüfung geben.

Hat man in der ANALYZE-Phase festgestellt, dass ein mechanischer Defekt an einer Maschine für die große Streuung verantwortlich ist, wird die Lösung rasch bestimmt sein. Meist liegen die Lösungen aber nicht so klar auf der Hand. Außerdem sollte man nicht immer gleich die erste Idee umsetzen, sondern auch über etwaige Alternativen nachdenken.

Zur Erstellung von Lösungen kommen Kreativitätstechniken (Brainstorming, Mindmapping, Reizwortanalyse etc.)⁵⁰ zum Einsatz. Dabei wird allerdings zwischen Ideenfindung und Ideenauswahl unterschieden.

Müssen nun Prozessparameter optimiert werden, werden die Werkzeuge und Erkenntnisse aus der ANALYZE-Phase genutzt um Möglichkeiten für eine optimale Prozesseinstellung zu finden. Sind die Zusammenhänge zwischen den Einflussfaktoren und den zu optimierenden Zielgrößen mittels Statistischer Versuchsmethodik erfasst worden, wird man auch auf dieser Basis Lösungsmöglichkeiten entwickeln. Es muss für jeden Prozessparameter der Zielwert und die zulässige Abweichung festgelegt werden. Meist ist der Einfluss mehrerer Faktoren auf mehrere Zielgrößen zu optimieren, dabei muss eine Einstellung gefunden werden, die insgesamt zum besten Ergebnis führt. Ebenfalls müssen für die Prozessparameter die zulässigen Schwankungen ermittelt werden.

- **Lösungen bewerten und Lösungen auswählen:**

Wenn eine Lösung die offensichtlich Beste ist, wird man diese auch sofort umsetzen. Gibt es mehrere mögliche Lösungen, sollte eine

⁵⁰Vgl. Matthias Nöllke, Kreativitätstechniken, 5. Auflage 2006, S. 53ff

Kosten-Nutzen-Analyse für den Vergleich eingesetzt werden. Sollen noch zusätzliche Kriterien miteinbezogen werden, die nur schwer in Geldeinheiten messbar sind, kann man eventuell eine Nutzwertanalyse durchführen. Die Lösungsvarianten müssen auch auf mögliche Risiken untersucht werden, denn es kommt des Öfteren vor, dass man mit der Optimierung zwar ein Merkmal verbessert, aber gleichzeitig ein anderes Merkmal verschlechtert. Um derartige Risiken abzuschätzen helfen FMEA (Fehlermöglichkeiten- und –Einflussanalyse) und Fehlerbaumanalyse.

- **Ausgewählte Lösungen erproben und Wirksamkeit nachweisen:**

Wurde nun die beste Lösung ausgewählt, muss der Nachweis erbracht werden, dass dadurch die erwarteten Verbesserungen auch erreicht werden. Normalerweise geschieht das, indem der verbesserte Prozess für einen begrenzten Bereich und eine bestimmte Dauer probenhalber umgesetzt wird. Mit Hilfe von Hypothesentests kann gezeigt werden, dass eine signifikante Prozessverbesserung stattgefunden hat. Mit dem t-Test⁵¹ wird geprüft, ob sich die Lage des Prozesses signifikant verändert hat und anhand des F-Tests⁵² kann man aufzeigen, dass sich die Streuung entscheidend reduziert hat. Oft wird auch der Nachweis der Prozessfähigkeit anhand einer Probeproduktion gefordert. Zu diesem Zweck wird ein Los vorproduziert und dafür die Fähigkeitskennwerte ermittelt.

- **Implementierung planen:**

In der CONTROL-Phase werden die festgelegten Verbesserungen dauerhaft implementiert, die erprobte Lösung in Kraft gesetzt und auf den gesamten definierten Bereich ausgeweitet. Am Ende der IMPROVE-Phase werden die dafür notwendigen Maßnahmen geplant.

⁵¹Vgl. <http://wwwex.physik.uni-ulm.de/lehre/fehlerrechnung/node25.html>, Stand: 31.05.2010

⁵²Vgl. <http://www.faes.de/Basis/Basis-Statistik/Basis-Statistik-F-Test/basis-statistik-f-test.HTM>, Stand: 31.05.2010

⁵³Werkzeuge in der IMPROVE-Phase:

- Kreativitätsmethoden
- FMEA

Ziel der IMPROVE-Phase ist es, Lösungen auf Basis von Kernursachen generieren, die Besten auswählen und die Implementierung sicherzustellen.⁵⁴

CONTROL/STEUERN

In dieser abschließenden Phase gilt es, die Ergebnisse über einen bestimmten Zeitraum hinweg zu untersuchen und zu überprüfen. Damit stellt man den nachhaltigen Erfolg des Verbesserungsprojektes sicher. Ausgewählte Kenngrößen können mit ProcessScorecards und Control Charts überwacht werden. Diese Werkzeuge helfen zu beurteilen, ob die Ergebnisse die Kundenforderungen treffen und ob sich die Schwankungen innerhalb der Toleranzgrenzen befinden. Hier zeigt sich auch, ob der am Anfang kalkulierte Benefit erreicht wurde.⁵⁵

Hauptaufgaben der CONTROL-Phase⁵⁶:

- **Lösung organisatorisch verankern:**

In der IMPROVE-Phase wurde ein verbesserter Zustand erarbeitet, erprobt und freigegeben. Auf dieser Basis wird der Prozess nun in Kraft gesetzt. Dazu gehören mehrere Aufgaben. Zum einen, die erforderlichen Unterlagen aktualisieren und freigeben, weiters die geänderten Dokumente an den erforderlichen Stellen bereitstellen, die

⁵³Vgl. Ekbert Hering, Taschenbuch für Wirtschaftsingenieure, 2009, S. 313

⁵⁴Vgl. Nicole Sodeik, Projektmanagement wertorientierter Mergers & Acquisitions, 2009, S. 350

⁵⁵ Vgl. Carsten Gundlach, Praxishandbuch Six Sigma: Fehler vermeiden, Prozesse verbessern, Kosten senken, 2008, S. 80f

⁵⁶Vgl. Johann Wappis, Berndt Jung, Taschenbuch Null-Fehler-Management, 2006, S. 288ff

Mitarbeiter über die neuen Prozesse informieren und einschulen und schließlich die Implementierung überwachen.

- **Verbesserung nachhaltig absichern:**

Hier muss die laufende Qualifikation der Mitarbeiter und der Prozesse sichergestellt werden. Das heißt, Schulungspläne sind anzupassen, damit in Zukunft auch neue Mitarbeiter zu diesem Prozess geschult werden und es muss sichergestellt werden, dass die Verbesserung des Prozesses erhalten bleibt bzw. dass eine Verschlechterung sofort erkannt wird. Dafür plant man einerseits zweckmäßige Wartungs- und Instandhaltungsaktivitäten ein und andererseits regelt man die Prozesse mittels statistischer Verfahren, der so genannten „Statistischen Prozessregelung“, um Veränderungen zu erkennen und zu korrigieren, bevor fehlerhafte Teile produziert werden. Ist dies alles geschehen, wird der verbesserte Prozess an den Prozesseigner übergeben. Dabei muss aber sichergestellt werden, dass der gegenwärtige Prozesszustand aufrechterhalten und das erarbeitete und dokumentierte Wissen greifbar bleibt. Mit der Übergabe der Verantwortung wird das *Six Sigma*-Team entlastet. Gibt es nach der Übergabe wieder eine Verschlechterung, dann hat der Prozesseigner die Verantwortung, Verbesserungsmaßnahmen durchzuführen.

- **Projekt abschließen:**

Am Ende des Projektes sollte man sich noch die Zeit nehmen um die gemachten Erfahrungen dem Rest des Unternehmens zugänglich zu machen. So sollten die Erfahrungen für bestehende, aber auch für zukünftige Produkte und Prozesse genutzt werden. Zum Beispiel überträgt man die Erkenntnisse auf andere bestehende Produkte und Prozesse und, darüber hinaus, hält man die Erkenntnisse für neue Produkte und Prozesse bereit. Zusätzlich sollte aber auch die Arbeit an diesem *Six Sigma*-Projekt analysiert werden, um Optimierungsansätze für weitere Projekte daraus abzuleiten.

Werkzeuge in der CONTROL-Phase⁵⁷:

- Qualitätsregelkarten

In der CONTROL- Phase wird überprüft, ob die angestrebten, und in der DEFINE- Phase festgelegten Verbesserungen auch tatsächlich erreicht wurden und für die Zukunft abgesichert werden konnten.⁵⁸

Ziel dieser Phase ist es, die Ergebnisse der IMPROVE- Phase zu beobachten und zu bewerten.⁵⁹

Designverbesserungsmethode DMADV:

Für Designverbesserungen wird die DMADV-Methode angewandt, hier erfolgt ein völliges Neudesign der Prozesse. Es lassen sich prinzipiell zwei unterschiedliche Anwendungsfälle unterscheiden.

Entweder wird ein bestehender Prozess völlig neu gestaltet, das passiert in der Praxis eher selten, oder dieser wird im Zuge einer neuen Produkteinführung bzw. einer wesentlichen Prozessänderung komplett neu gestaltet. Dabei werden vorbeugend Fehlermöglichkeiten ermittelt und beseitigt.

Unter DMADV versteht man die Verbesserungslogik des Design for *Six Sigma*- Ansatzes und untergliedert sich in den Phasen *DEFINE* (Definieren), *MEASURE* (Messen), *ANALYZE* (Analysieren), *DESIGN* (Entwickeln) und *VERIFY* (Überprüfen).⁶⁰

⁵⁷Vgl. Ekbert Hering, Taschenbuch für Wirtschaftsingenieure, 2009, S. 313

⁵⁸Vgl. Dr. J. Gamsweger, Dr. O. Jöbstl, Six Sigma Belt Training, 2006, S. 15

⁵⁹Vgl. Frank Halatsch, Six Sigma im Projektmanagement, 2004, S. 18

⁶⁰Vgl. Dr. J. Gamsweger, Dr. O. Jöbstl, Six Sigma Belt Training, 2006, S. 13f

In der DEFINE-Phase werden Projekte generiert und priorisiert, Projekt- und Teambeschreibungen entwickelt, CTQ's ermittelt und Kundenanforderungen für CTQ's identifiziert.

In der MEASURE-Phase wird ein Messplan für existierende CTQ's entwickelt, es werden Leistungsdaten für diese CTQ's gesammelt und es wird eine Risikoanalyse durchgeführt.

In der ANALYZE-Phase analysiert man die Designparameter für CTQ's, eruiert kritische Designparameter und kritische Variationsursachen für CTQ's.

In der DESIGN-Phase entwirft man Lösungen zur Designverbesserung, wählt das beste Design aus, macht es haltbar und stabil und entwirft Toleranzen.

In der VERIFY-Phase schließlich sollte man die vorhergesagten Leistungen für die CTQ's erreichen, die Kosteneinsparungen und die Leistungen der CTQ's ermitteln und die gewonnenen Erfahrungen dokumentieren.⁶¹

Nun werde ich noch auf die, oben bereits erwähnten, wichtigen Werkzeuge aus dem DMAIC-Prozess, näher eingehen.

Kepner Tregoe-Analyse⁶²:

Hier handelt es sich um ein Hilfsmittel, um Problemlösungs- und Entscheidungsprozesse zu systematisieren und zu versachlichen. Damit lassen sich falsche Entscheidungen vermeiden. Diese Vorgehensweise wurde von Charles H. Kepner und Benjamin B. Tregoe in den 1950ern entwickelt. Der Prozess folgt Denkmustern, die schon seit Jahrtausenden bestehen und wird in vier Phasen zusammengefasst.

⁶¹ Vgl. Kjell Magnusson/Dag Kroslid/Bo Bergmann, Six Sigma umsetzen, 2004, S. 160

⁶² Vgl. Walter Simon, GABAL's großer Methodenkoffer Managementtechniken, 2005, S. 177ff

1. Genaue Standortbestimmung, d.h. eine Betrachtung und Klärung der aktuellen Situation.
2. Eine Analyse des Problems unter Berücksichtigung von Ursachen und Wirkungen.
3. Die Wahl einer Aktion die es möglich macht, ein Ziel zu erreichen.
4. Beleuchtung der Risiken der gewählten Maßnahmen.

Kepner und Tregoe haben nun eine Methode entwickelt, die diese vier Phasen der Problemlösungs- und Entscheidungsfindung in Gestalt der „Vier rationalen Prozesse“ miteinander verknüpft:

1. Situationsanalyse
2. Problemanalyse
3. Entscheidungsanalyse
4. Analyse potentieller Probleme und Alternativen

Die **Situationsanalyse**⁶³ bildet die Basis und gliedert sich in Situation erkennen, Zergliedern, Prioritäten festlegen und Planen der Lösung.

Situation erkennen:

Um eine qualifizierte Entscheidung zu treffen, muss man die aktuelle Situation genau kennen. In der Situationsanalyse werden alle bestehenden Abweichungen, Bedrohungen und Chancen genau aufgelistet. Auch wird eine Projektfortschrittskontrolle durchgeführt, die sich an der Zielsetzung orientiert. Somit beginnt hier schon die Suche nach Verbesserungen.

Zergliedern:

Wenn die aktuelle Lage sehr komplex ist, sollte sie in klar definierte Abschnitte zerlegt werden. Auftauchende Probleme werden dabei ebenfalls erfasst.

⁶³Vgl. Franz Stimmer, Grundlagen des methodischen Handelns in der sozialen Arbeit, 2006, S. 121

Prioritäten festlegen:

Die vorhandene Situation wird aufgrund ihrer Prioritäten untersucht. Das geschieht mit Fragen nach der Wichtigkeit, der Dringlichkeit und der Tendenz bzw. dem Verlauf.

Planen der Lösung:

Hier gilt es zu entscheiden, ob die Problemanalyse, die Entscheidungsanalyse oder die Analyse potentieller Probleme anzuwenden ist oder ob eventuell eine Kombination daraus zielführender ist.

Die **Problemanalyse**⁶⁴ ist ein geeignetes Hilfsmittel zur Ermittlung von Problemursachen. Zuerst wird das Problem definiert: Dabei wird ermittelt, wie weit der Ist-Wert vom vorgegebenen Soll-Wert abweicht. Mit den Fragen Was, Wann, Wo, Wie viel etc. kann das Problem näher beschrieben werden.

Im zweiten Schritt werden mögliche Ursachen für das Problem ermittelt und gelistet. Hier werden Besonderheiten und Veränderungen mit Wissen und Erfahrung untersucht. Dabei mangelt es selten an Lösungsvorschlägen, problematisch ist hingegen die Auswahl der besten Lösungsansätze.

Diese Auswahl geschieht im dritten Schritt, der Ursachenbewertung. Dazu benötigt man die erstellte Ursachenliste und die Problembeschreibung. Für jede Ursache wird dann eine Prüfung unternommen.

Im vierten Schritt wird schließlich der Nachweis für die tatsächliche Ursache erbracht. Es werden die getroffenen Annahmen überprüft und wenn sie sich bestätigen, wird die Fehlerursache beseitigt und das Problem zumeist gelöst.

Mit Hilfe der **Entscheidungsanalyse** soll eine Entscheidung begründet, nachvollziehbar und sicher getroffen werden können.

⁶⁴Vgl. Heinrich Kessler, Georg Winkelhofer, Projektmanagement: Leitfaden zur Steuerung und Führung von Projekten, 2004, S. 225

Zuerst wird die Zielsetzung festgelegt. Es werden Muss-Ziele, die auf jeden Fall erfüllt werden müssen, und Wunsch-Ziele festgelegt. Wunsch-Ziele müssen nicht messbar sein, allerdings müssen sie ihrer Präferenz nach beurteilbar sein. Zu diesem Zweck werden die Wunsch-Ziele gewichtet.

Hat man nun für alle Alternativen die Muss- und Wunsch-Ziele definiert, erfolgt die Prüfung der Alternativen. Entscheidungskriterien haben nicht alle dieselbe Wichtigkeit, darum werden sie auf einer Skala von 1 bis 10 gewichtet. 1 entspricht einem geringen Wert, 10 einer hohen Wichtigkeit. Gleiche Gewichtungsziffern können auch mehrmals vergeben werden. Um das Gewichtungsverfahren zu vereinfachen und möglichst objektiv zu gestalten, empfiehlt es sich eine sogenannte „Präferenzmatrix“⁶⁵ zu verwenden. Dazu werden die Wunschziele untereinander aufgelistet. Durch die Vergabe von Gewichtungsziffern kann man nun sehen, wie wichtig die Kriterien im Vergleich sind.

Nun werden die Möglichkeiten bewertet und die vorliegenden Alternativen auf ihre Eignung geprüft. Es wird geprüft, welche Alternativen der Zielsetzung am ehesten entsprechen und welche weniger geeignet sind. Da in jeder Alternative Risiken stecken, sind alle vorliegenden Alternativen durch destruktive Fragen zu prüfen.

Fragen sind beispielsweise:

- Wie fundiert ist die vorliegende Information?
- Ist der Informationsgeber vertrauenswürdig?
- Wo können durch die Entscheidung Beeinträchtigungen entstehen?
- Liegt im Neuen und Ungewöhnlichen ein Risiko?
- Was kann sich durch äußere Einflüsse ändern?
- Wo werden Wachstum und Entwicklung gehemmt?
- Welche äußeren Einflüsse werden sich ändern?

Auch hier kann wieder die Wahrscheinlichkeit des Risikos mittels einer Bewertungsskala abgeschätzt werden. Bei dieser Bewertung bedeutet die 10

⁶⁵ Vgl. Alois Breiing, Ryszard Knosala, Bewerten technischer Systeme: Theoretische und methodische Grundlagen, 1997, S. 240

allerdings, dass das Risiko fast sicher auftreten wird, und eine 1, dass es sehr unwahrscheinlich ist, dass das Risiko auftritt. Anhand der Summe der Risiken hat man nun einen subjektiven Anhaltspunkt, inwieweit die vorläufige Entscheidung gefährdet ist.

Zum Schluss wird nun der Entschluss gefasst. Die optimale Wahl ist die Entscheidung für die Alternative mit der höchsten Punktezahl.

Bei der **Analyse potentieller Probleme und Alternativen** werden gefundene Alternativen getestet und eventuelle Risiken durch Vorbeugungsmaßnahmen ausgeschaltet oder minimiert. Hier gibt es mehrere Vorgehensweisen. Auf Erfahrung und persönlichen Urteilsvermögen aufbauend werden Schwachstellen, welche die Durchführung einer Entscheidung gefährden können, identifiziert. Mit den Fragen Was, Wo, Wann und dem Ausmaß werden diese Schwachstellen beschrieben und potentielle Probleme aufgezeigt. Durch Festlegung von Vorbeugungsmaßnahmen kann ein Problem oft vollständig, oder zumindest teilweise, unterbunden werden.

SIPOC:

SIPOC⁶⁶ steht für suppliers, inputs, process, outputs, customers und stellt den Prozess in Zusammenhang mit seinen Vorbedingungen, Beteiligten und Ergebnissen dar. Dabei ist es wichtig, die Prozessschritte aus Kundensicht zu betrachten.

Die Definition von **SIPOC**:

- **Supplier** Lieferanten, die für den Prozess Inputs bereitstellen.
- **Input** Material, Ressourcen oder Daten, die für die Prozessausübung wichtig sind.
- **Process** Eine Reihe von Schritten oder Aktivitäten, die zu einem gewünschten Resultat führen sollen.

⁶⁶ Vgl. Helge Toutenburg, Philipp Knöfel, Six Sigma: Methoden und Statistik für die Praxis, 2007, S. 51ff

- **Output** Ergebnisse eines Prozesses, wie Zwischenziele oder Teilergebnisse. Das können Produkte oder Dienstleistungen sein, aber auch weitere Prozesse, Pläne oder Ressourcen.
- **Customer** Interner oder externer Kunde, der den Output des Prozesses erhält.

Um SIPOC zu erstellen, wird zuerst der zu überprüfende Prozess eindeutig definiert. Dabei ist es überaus wichtig, innerhalb des Teams eine Übereinstimmung zu Prozessanfang und Prozessende zu haben.

Im nächsten Schritt werden mittels Brainstormings⁶⁷ die relevanten Prozessschritte ermittelt. Auf die wichtigsten Prozessschritte reduziert, sollte der Prozess fünf bis sieben Schritte beinhalten. Es wird zuerst der Output aus Kundensicht identifiziert, dann werden die Empfänger des Outputs, also die Kunden, ermittelt und die Lieferanten mit ihren Inputs bestimmt. Wichtig ist, dass der Start, das Ende und die wirklich wichtigen Prozessschritte aus Kundensicht dargestellt werden.

Zum Schluss wird noch die Projekt-Charta angepasst. Die Vorteile von SIPOC sind zum einen, dass sich das Team mit den Inputs des Lieferanten und den Kunden der Outputs beschäftigt, und zum anderen schafft es ein gemeinsames Verständnis für den Prozess. Zusätzlich sorgt es für Transparenz und bei komplexeren Projekten für eine Konzentration auf das Wesentliche. In der MEASURE-Phase hilft SIPOC bei der Identifikation von Messpunkten.

VoC, CTQ:

VoC⁶⁸ (Voice of the Customer) bedeutet: „Die Stimme des Kunden“. Diese Stimmen sollen eingefangen, einem Kernthema zugeordnet und als CTQ-Merkmal festgehalten werden. CTQ bedeutet „Critical to Quality“ und bezeichnet die qualitätskritischen Merkmale eines Produktes, Prozesses oder Systems. Es gibt

⁶⁷ Vgl. Henner Schierenbeck, Grundzüge der Betriebswirtschaftslehre, 2003, S. 165f

⁶⁸ Vgl. Armin Töpfer, Six Sigma: Konzeption und Erfolgsbeispiele für praktizierte Null- Fehler- Qualität, 2007, S. 455

kundenkritische Merkmale (was ist dem Kunden wichtig), prozesskritische Merkmale (was ist für die Leistungserstellung wichtig) und vorgabenkritische Merkmale (sind gesetzliche Vorschriften zu beachten).

Bei der VoC-CTQ- Analyse ist das Ziel, die Menge an Kundenaussagen nach Themengebieten zu ordnen und auf einige wenige zentrale und messbare CTQ's zu reduzieren.

Process Mapping:

Das Process Mapping, bzw. die Visualisierung der Prozesse, ist ein Mittel die Kommunikation mit internen und externen Partnern zu erleichtern. Diese Visualisierung der Prozesse schafft ein gemeinsames Bild der kollektiven Leistungserstellung und somit eine einheitliche Informations- und Diskussionsbasis zur Überprüfung der Abläufe, Beleuchtung der Wechselwirkungen zwischen den Prozessen und der Erarbeitung von Alternativen. Vom Kunden ausgehend werden Zielkosten, -zeiten, -service und -qualität definiert. Daran wird überprüft, wo die Zielerreichung maßgeblich behindert wird.⁶⁹

Statistische Versuchsplanung (DOE- Design of experiments):

Die Statistische Versuchsplanung beschafft benötigte Informationen mit möglichst geringem Aufwand. Grundlage dabei ist ein Lernprozess. Zwei Dinge sind dabei wichtig, aussagefähige Ergebnisse und aufmerksame Beobachter.⁷⁰

Bei der Statistischen Versuchsplanung schafft man mit Experimenten Ergebnisse. Man favorisiert Versuche, bei denen die Einflussfaktoren derart geändert werden, dass eine systematische statistische Analyse ihrer Wirkung und Wechselwirkung möglich ist. Dabei ist eine sorgfältige Planung nötig. Zusätzlich zu den

⁶⁹ Vgl. Daniel Corsten, Christoph Gabriel, Supply Chain Management erfolgreich umsetzen: Grundlagen, Realisierung und Fallstudien, 2004, S. 169

⁷⁰ Vgl. Walter Geiger, Willi Kotte, Handbuch Qualität: Grundlagen und Elemente des Qualitätsmanagements, 2007, S. 457f

Randbedingungen müssen die Einstellungen der „Einflussfaktoren“ für die verschiedenen Versuche zweckmäßig festgelegt werden. Nur so kann man mittels Regressions⁷¹- und Varianzanalysen⁷², sowie durch Korrelationsbetrachtungen die benötigten Informationen mit minimiertem Aufwand beschaffen. Außerdem kann man sich dabei schützen, dass Entscheidungen über das weitere Vorgehen aufgrund von Zufallsergebnissen getroffen werden.

Das Ziel der Statistischen Versuchsplanung ist es, mit möglichst wenig Aufwand detaillierte Informationen über mögliche Produktvarianten, über den Prozessverlauf und über die Prozessparameter zu erhalten.⁷³

Messmittel- Fähigkeitsanalyse (MSA- Measurement System Analysis):

Die Messmittelanalyse dient der Beurteilung von Prüfmitteln in Bezug auf Genauigkeit, Linearität, Wiederholpräzision, Vergleichspräzision und Gesamtstreuung. Für die Prüfmittelstreuung und die mittlere Abweichung werden Fähigkeitsindizes ermittelt. Durch die Prüfung soll sichergestellt werden, dass die Prüfmittel geeignet sind, aussagefähige Messergebnisse zu liefern und dass Abweichungen zu einem angemessenen Verhältnis zu den Grenzwerten und zur Prozessstreuung stehen. Die Untersuchungen werden laut den in den Kundenrichtlinien geforderten Methoden durchgeführt.⁷⁴

⁷¹ Vgl. Dieter Urban, Jochen Mayerl, Regressionsanalyse: Theorie, Technik und Anwendung, 2008

⁷² Vgl. Joachim Hartung, Bärbel Elpelt, Karl-Heinz Klösener, Statistik, 2005, S. 609ff

⁷³ Vgl. Hans Dieter Seghezzi, Fritz Fahrni, Frank Herrmann, Integriertes Qualitätsmanagement: Der St. Gallen Ansatz⁷³ Vgl. http://www.zero-defect.de/papierlos/GPU-Demo/PS_Messsystemanalyse.htm, Stand: 31.05.2010

, 2007, S. 337

⁷⁴ Vgl. http://www.zero-defect.de/papierlos/GPU-Demo/PS_Messsystemanalyse.htm, Stand: 31.05.2010

Fischgrätendiagramm nach Ishikawa:

Mit Hilfe eines Fischgrätendiagramms, auch Ursachen-Wirkungsdiagramm oder Ishikawa-Diagramm genannt, kann man ein Problem analysieren, indem man aus den Ergebnissen eines Brainstormings alle möglichen Hauptursachen darstellt.⁷⁵

Zuerst wird das Problem definiert und anschließend ein Brainstorming durchgeführt. Dann wird ein Diagramm mit den 4M (Mensch, Material, Methoden, Maschinen) oder 6M (Mensch, Material, Methoden, Maschinen, Mitwelt, Messung) erstellt. Dabei ist ausreichend Platz zu lassen, um später noch wichtige Gruppen hinzufügen zu können.

Jetzt werden die Ergebnisse des Brainstormings in das Diagramm eingefügt, Gemeinsamkeiten untersucht und die wahrscheinlichsten Ursachen markiert. Diese ausgewählten Ursachen werden nun untersucht.

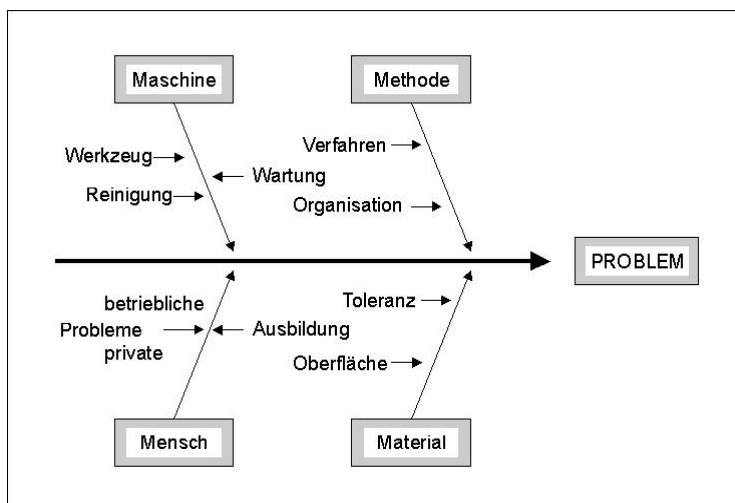


Abb.6: Beispiel eines Fischgrätendiagramms⁷⁶

Pareto- Diagramm:

Die Pareto- Analyse ist ein klassisches Werkzeug der Qualitätssicherung und wird in einem Pareto- Diagramm dargestellt. Das Pareto- Prinzip sagt aus, dass 20% aller

⁷⁵Vgl. Maarten de Groot, Bert Teeuwen, Marco Tielemans, KVP im Team, 2008, S. 67f

⁷⁶ Quelle: <http://www.qm-hypertool.de/wzurswi3.jpg>, Stand: 31.05.2010

möglichen Ursachen 80% der gesamten Wirkung erreichen. Im Qualitätsmanagement bedeutet dies, dass mit 20% des Aufwandes bereits 80% des Ergebnisses erreicht werden.⁷⁷

Das Pareto-Diagramm gehört zu den „Sieben Qualitätswerkzeugen“ und spielt bei Verbesserungsprozessen eine große Rolle. Die „Sieben Qualitätswerkzeugen“ sind Methoden des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses mit grafisch dargestelltem Ergebnis.

Das Pareto-Diagramm wird zur Analyse der Häufigkeitsverteilung von Fehlerursachen eingesetzt und stellt die Fehlerursachen in abfallender Reihenfolge grafisch dar. Die untersuchten Parameter werden nach Größe sortiert und in einem Säulendiagramm dargestellt.

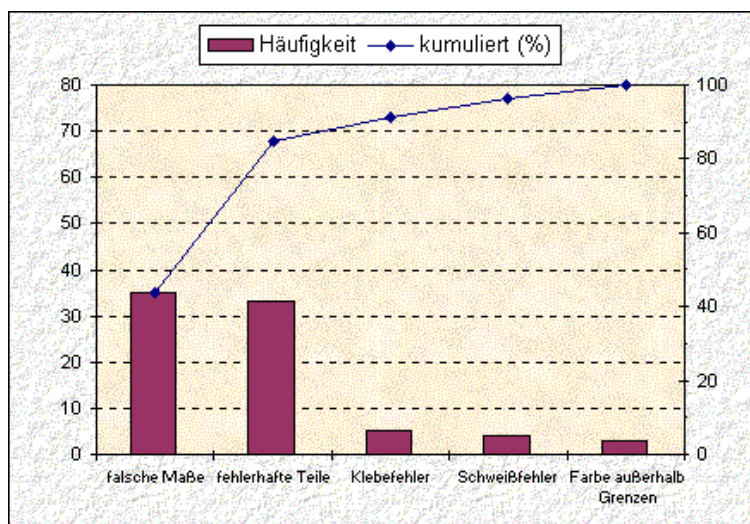


Abb.7: Pareto-Diagramm⁷⁸

Regressionsanalyse:

Die Regressionsanalyse ist eine statistische Modellierung und das bedeutet, dass die entsprechenden Parameter mit einer bestimmten, meist mathematischen

⁷⁷Vgl. Thorsten Tietjen, Dieter H. Müller, FMEA- Praxis, 2003, S. 69

⁷⁸ Quelle: <http://www.winstat.de/function/graphics/pareto1.gif>, Stand: 24.06.2011

Modelltechnik berechnet oder geschätzt werden können.⁷⁹ Die Regressionsanalyse⁸⁰ ist sachlogisch begründet, ersetzt aber keine Ursachenanalyse. Man ist mit der Regressionsanalyse nur in der Lage, Ursachen aufzudecken und/oder sie zu bestätigen.⁸¹ Es ist ihre Aufgabe, den Zusammenhang zwischen Einflussgrößen und Zielgrößen zu beschreiben. Ein mathematisches Modell wird so angepasst, dass es die Beziehung zwischen den Daten so gut wie möglich wiedergibt. Dabei gibt es folgende Vorgehensweise:

- Festlegung des mathematischen Modells.
- Es erfolgt die Anpassung des Modells an die Daten über die Parameter des Modells.
- Analyse der Residuen⁸² zur Bewertung der Güte der Anpassung.

Es wird zwischen *Linearer*, *Nicht linearer* und *Mehrfacher Regression* unterschieden.

Kreativitätsmethoden:

Es gibt sehr viele Kreativitätsmethoden, daher werde ich nur einige bekannte und oft eingesetzte Techniken wie Brainstorming, Mindmapping, Reizwortanalyse und Nutzwertanalyse näher betrachten.

- **Brainstorming:**

Eine der bekanntesten Kreativitätstechniken ist sicher das Brainstorming. Hier werden in einer Gruppe zu einem bestimmten Thema Ideen unstrukturiert und unkommentiert gesammelt. Im ersten Schritt wird dabei das Thema präzise formuliert. Es müssen alle teilnehmenden Personen das gleiche Verständnis des Sachverhaltes haben, um daraus Ideen generieren zu können. Dann rufen alle

⁷⁹ Vgl. Dieter Urban, Jochen Mayerl, Regressionsanalyse: Theorie, Technik und Anwendung, 2008, S. 16

⁸⁰ Vgl. Johann Wappis, Berndt Jung, Taschenbuch Null-Fehler-Management, 2006, S. 215

⁸¹ Vgl. Peter P. Eckstein, Angewandte Statistik mit SPSS, 2008, S. 185

⁸² Vgl. Felix Brosius, SPSS 16, 2008, S. 560

Teilnehmer dazu passende Schlagworte in den Raum, ein Moderator notiert dabei je ein Schlagwort auf eine Karteikarte oder ein Flipchart. Dabei muss und wird das Brainstorming eine gewisse Eigendynamik entwickeln. Die Teilnehmer können entweder völlig neue Ideen einbringen oder auf bereits genannte Ideen aufbauen.⁸³

Die Aufgabe des Moderators ist es nun, darauf zu achten, dass von allen Teammitgliedern Vorschläge kommen, d.h. bei etwas stilleren Teilnehmern wird gezielt nach Ideen gefragt. Wenn der Ideenfluss abzureißen droht, muss der Moderator etwas aktiver werden und bewusst einzelne Teilnehmer ansprechen oder bereits genannte Ideen aufgreifen und nach Varianten fragen. Im Anschluss können alle Ideen nochmals durchgegangen und ergänzt oder vervollständigt werden.

Um so ein Brainstorming erfolgreich durchzuführen, müssen einige Regeln eingehalten werden. So gilt Quantität vor Qualität, das bedeutet, dass während des Brainstormings möglichst viele Ideen einzubringen sind, ohne sie vorerst zu bewerten. Weiters gibt es während des Brainstormings keine Diskussion oder Kommentierung der eingebrachten Ideen. Das würde zu sehr vom Ziel des Brainstormings ablenken. Zudem sollte das Brainstorming kurz und intensiv sein. Bei fünf bis sechs Teilnehmern sollten 15-30 Minuten ausreichend sein.

Der Nutzen eines solchen Brainstormings ist die Generierung von möglichst vielen Ideen in kurzer Zeit, die Erarbeitung völlig neuer Ideen, da es keine Einschränkung gibt und verschiedene Teilnehmer unterschiedliche Denkansätze haben, und schließlich die Einbindung mehrerer Teilnehmer, was die Akzeptanz bei der Ideenumsetzung erhöht. Ein Brainstorming ist für jede Art von Thema geeignet, sei es für die Suche von kostensenkenden Maßnahmen, für die Arbeitsplatzgestaltung oder die Generierung von Produktideen.

⁸³Vgl. Christian Schawel, Fabian Billing, Top Management 100 Tools, 2009, S. 45f

- **Mind Mapping:**

Die meisten Menschen listen Informationen oder geplante Tätigkeiten linear auf. Allerdings ist diese Vorgehensweise einseitig, da sie die Möglichkeiten des geistigen Potentials nur unzureichend nützt. Die Technik des Mind Mapping entspricht hingegen dem menschlichen Denkprozess weit besser. Mind Mapping ist eine Notiz- Merktechnik, die sehr gut geeignet ist, Ideen zu sammeln und Gedanken zu ordnen und hilft bei der Selbstorganisation.⁸⁴

Mind Mapping wurde in den 1970ern vom Engländer Tony Buzan entwickelt und basiert auf den Erkenntnissen der Hirnforschung und dem Wissen um die Aufgabenteilung zwischen den beiden Gehirnhälften.

Für eine Mind Map benötigt man ein möglichst großes Blatt Papier in Querformat und Farbstifte. Eine Mind Map wird, vom Mittelpunkt ausgehend, hin zu den Ästen und zu weiteren Verästelungen gelesen. Aus diesem Grunde steht das zentrale Thema in der Mitte.

Am besten beginnt man mit einem farbigen Bild und einem Stichwort, welches das zentrale Thema ausdrückt. Vom Zentralbegriff ausgehend wird für jeden einzelnen Hauptpunkt des Themas ein dicker, gebogener Ast gezeichnet, der zum Ende hin dünner wird. Meist gibt es vier bis sechs solcher Hauptäste.

Für jeden Hauptpunkt wird ein Schlüsselbegriff in Großbuchstaben über den Ast geschrieben. Dieser Schlüsselbegriff, ein Substantiv oder auch ein Verb, soll die Gedanken auf den Punkt bringen und ein inneres Bild entstehen lassen. Für die Hauptäste sollten unterschiedliche Farben verwendet werden, damit man Zusammenhänge aufzeigen oder Aufgaben, Personen oder Tätigkeiten zuordnen kann.

⁸⁴Vgl. Lothar J. Seiwert, Anette Labaek-Noeller, Horst Müller, 30- Minuten- Zeitmanagement für Chaoten, 2000, S. 29ff

Aus den Hauptthemen entwickeln sich weitere Gedanken, wofür weitere Verästelungen gezeichnet werden. Auch hier gilt es, wieder nur ein Wort über die Linie zu schreiben. Diese Verästelungen lassen sich beliebig weit nach außen fortsetzen. Man kann statt Worte auch Bilder oder Symbole verwenden.

Der Nutzen des Mind Mapping: Man bekommt schnell einen Überblick über jedes Thema, man spart ca. die Hälfte der Zeit, auch unbeliebte Themen gehen leicht von der Hand und man organisiert sich selbst blitzschnell.⁸⁵



Abb.8: Beispiel einer Mind Map⁸⁶

• Reizwortanalyse:

Bei der Reizwortanalyse handelt es sich um ein Werkzeug, das die Intuition fördert. Das Prinzip dabei ist die Konfrontation der Problemlösungsgruppe mit problemfremden Bildern und Wörtern.⁸⁷

Der Zweck einer Reizwortanalyse ist, den Ideenfluss anzuregen, neuartige Lösungsideen zu entwickeln und Denkblockaden aufzulösen.

⁸⁵Vgl. Claudia Maria Bayerl, 30 Minuten für Kreativitätstechniken, 2005, S. 19

⁸⁶ Quelle: <http://www.jurawiki.de/MindMapping?action=AttachFile&do=get&target=beispiel.png>, Stand: 31.05.2010

⁸⁷Vgl. Christian Malorny, Kreativitätstechniken, 2007, S. 93

Sie fördert das laterale Denken und ist eine gezielte Stimulation der Analogienbildung.⁸⁸

Dabei konfrontiert ein Moderator die Teammitglieder mit etwa sechs bis zehn Reizwörtern, die nichts mit der Problemstellung zu tun haben. Zu jedem dieser Begriffe werden spontan auffallende Strukturmerkmale gesammelt. Darauf aufbauend werden weitere Assoziationen gebildet, von denen auf das eigentliche Problem zurück geschlossen wird. Das kann nun Ansätze für Lösungsalternativen liefern. Zur Unterstützung kann der Moderator gezielte Fragen zum Reizwort oder den ersten Assoziationen stellen.

- **Nutzwertanalyse:**

Laut Zangemeister ist die Nutzwertanalyse die „Analyse einer Menge komplexer Handlungsalternativen mit dem Zweck, die Elemente dieser Menge entsprechend den Präferenzen des Entscheidungsträgers bezüglich eines multidimensionalen Zielsystems zu ordnen. Die Abbildung dieser Ordnung erfolgt durch die Angabe der Nutzwerte (Gesamtwerte) der Alternativen.“⁸⁹

Zu Beginn ist eine Matrix der Zielerfüllungsgrade aufzustellen. Dazu nötig ist sowohl die Identifizierung der Alternativen als auch der relevanten Zielkriterien. Anschließend sind die Zielerreichungsgrade dieser Alternativen in Hinblick auf die Zielkriterien zu bestimmen. Voraussetzung dafür ist, dass sich die Zielerreichung auf einer Messskala beurteilen lässt. Hat man nun die Matrix der Zielerfüllungsgrade, wird sie in eine Matrix der Teilnutzenwerte überführt. Durch eindimensionale Bewertungsakte ordnet man jedem Ergebniswert einen Teilnutzenwert zu. Im dritten Schritt werden für jede Alternative die einzelnen Teilnutzen der Zielkriterien zu einem Gesamtnutzen (Nutzwert) zusammengefasst. Durch Abbildung wird

⁸⁸Vgl. Udo Lindemann, Methodische Entwicklung technischer Produkte, 2009, S. 300

⁸⁹Christof Zangemeister, Nutzwertanalyse in der Systemtechnik, 1976, S. 45

jeder Alternative eine reelle Zahl zugeordnet. Somit wird von einer kardinalen Messbarkeit⁹⁰ des Gesamtnutzens ausgegangen.⁹¹

Vorteile der Nutzwertanalyse: Die Auswahl von Alternativen kann intersubjektiv⁹² nachgeprüft werden und so werden die herangezogenen Zielkriterien, die Gewichtung und die Wertsynthese sichtbar.

Bei der Nutzwertanalyse kommt man nur dann zu einer eindeutigen Auswahl von Alternativen, wenn der Nutzwert das einzige Bewertungskriterium ist.

FMEA:

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), die Fehlermöglichkeiten- und Einflussanalyse, ist eine zielgerichtete Methode, um mögliche Fehler in der Produkt- und Prozessplanung sowie -entwicklung frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden. Die aus den Fehlern entstehenden Risiken werden bewertet und anschließend werden Gegenmaßnahmen zur Vermeidung von Fehlern entwickelt. Im Allgemeinen wird zwischen System-, Konstruktions- und Prozess-FMEA unterschieden. Diese bauen zwar aufeinander auf, haben aber unterschiedliche Fragestellungen.⁹³

Mit Hilfe der System-FMEA wird das Zusammenwirken einzelner Komponenten eines komplizierten Systems betrachtet. Es sollen schon während der Systemgestaltung Fehler vermieden und die Sicherheit sowie Funktionalität überprüft werden. Als Informationsgrundlage dienen bereits erarbeitete Systemkonzepte und Pflichtenhefte.

Mittels Konstruktions-FMEA werden mögliche Ausfälle und Fehler, die an Teilen oder Baugruppen auftreten können, untersucht und vorausschauend vermieden.

⁹⁰Vgl. http://classic.unister.de/Unister/wissen/sf_lexikon/ausgabe_stichwort902_23.html, Stand: 22.04.2010

⁹¹Vgl. Günther Zäpfel, Strategisches Produktions- Management, 2000, S. 309ff

⁹²Vgl. <http://www.psychology48.com/deu/d/intersubjektiv/intersubjektiv.htm>, Stand: 22.04.2010

⁹³Vgl. Richard Vahrenkamp, Produktionsmanagement, 2004, S. 271

Fehlerursachen sind hier vor allem in der Konstruktion zu finden, aber auch in der Art der Fertigung. Die Konstruktions-FMEA wird von einem verantwortlichen Konstrukteur geleitet und als Grundlage dienen dabei die Konstruktionspläne. Durch den Einbau redundanter Teile, durch Entkopplung von sich störenden Komponenten oder der Verwendung von Material mit besserer Qualität kann die Wahrscheinlichkeit eines Auftretens von Fehlern verringert werden.

Bei der Prozess-FMEA werden alle Fehler im Fertigungs- und Montageprozess ermittelt. Hier werden prozessbedingte Fehlerursachen der Konstruktions-FMEA weiter untersucht. So werden die Eignung und Zuverlässigkeit, sowie die Qualitätsfähigkeit eines Prozesses frühzeitig sichergestellt und mit den Methoden der statistischen Qualitätskontrolle beobachtet. Als Grundlage dienen die Fertigungspläne. Durch den Einsatz systematischer Prüfkontrollen kann die Wahrscheinlichkeit des Auffindens eines Fehlers erhöht werden.

Die Vorgehensweise einer FMEA lässt sich in zehn Schritten charakterisieren.⁹⁴

1. Zuerst wird erörtert, welche Fehler überhaupt auftreten können. Die identifizierten, potentiellen Fehler werden in der ersten Spalte „Potentieller Fehler“ aufgelistet.
2. In der Spalte „Fehlerfolgen“ wird festgehalten, welche Probleme durch die Fehler auftreten können.
3. Für jeden Fehler ist hier die Ursache, die für das Auftreten des Fehlers verantwortlich ist, zu suchen.
4. Auf dieser Basis werden die mit den Fehlern verbundenen Risiken bewertet. Dazu wird in der Spalte „Auftreten“ abgeschätzt, wie wahrscheinlich es ist, dass dieser Fehler auftritt. Die Bewertung erfolgt anhand einer Skala von 1 (unwahrscheinlich) bis 10 (hoch).

⁹⁴Vgl. Bernd Stauss, Wolfgang Seidel, Beschwerdemanagement: unzufriedene Kunden als profitable Zielgruppe, 2007, S. 460ff

5. Hier wird untersucht, wie gravierend die Auswirkungen des Fehlers aus Kundensicht sind. Wieder anhand einer Skala von 1 bis 9 oder 10. Der Wert wird in der Spalte „Bedeutung“ eingetragen.
6. In der Spalte „Entdeckung“ steht, wie wahrscheinlich es ist, dass der Fehler entdeckt wird bevor das Produkt zum Kunden gelangt. Da das Risiko eines Fehlers umso höher ist, je später er entdeckt wird, reicht die Bewertungsskala von 1 (hoch) bis 10 (unwahrscheinlich).
7. Durch die Multiplikation der Werte Auftreten, Bedeutung und Entdeckung ergibt sich die Risikoprioritätszahl (RPZ). Sie ist der Maßstab, der einen Vergleich des Risikos potentieller Fehler zulässt. Sie ist somit eine wesentliche Größe für die Prioritätensetzung von Präventionsmaßnahmen.
8. Die Ursachenanalyse ist die Grundlage für Maßnahmenempfehlungen zur Fehlervermeidung.
9. Anschließend ist die Wirkung dieser Maßnahmen zu beleuchten und zu bewerten, indem eine erneute Risikobeurteilung erfolgt. Auftreten und Entdeckungswahrscheinlichkeit werden, unter Berücksichtigung von Korrekturmaßnahmen, erneut beurteilt. Das Restrisiko wird durch eine veränderte Risikoprioritätszahl ausgedrückt.
10. Nach einem Vergleich der Risikoprioritätszahlen vor und nach den geplanten Maßnahmen ist es möglich, Maßnahmen mit dem größten Einfluss auf die Risikoreduzierung auszuwählen.

FMEA-Formblatt: Beispiel Termingeldneuanlage

Termingeldneuanlage			Risikobewertung				Restrisiko						
Potenzieller Fehler	Fehlerfolgen	Ursachen	Auftreten	Bedeutung	Entdeckung	RPZ = Risikoprioritätszahl	Maßnahmen			Auftreten	Bedeutung	Entdeckung	RPZ = Risikoprioritätszahl
Termingeldgeschäft wird mit dem falschen Fälligkeitsschlüssel verarbeitet	Anlagebetrag des Kunden wird zu lange oder zu kurz angelegt	Kundenwunsch wird durch Berater nicht richtig aufgenommen	6	8	9	432	Direkte Erfassung durch Berater mit maschinelltem Angebot von Fälligkeitsterminen	4	8	6	192		
		Kunde hat Wunsch nicht eindeutig artikuliert	7	8	8	448	Wiederholung des Auftrags durch Berater	5	8	6	240		
		Erfassungsfehler im System	5	8	10	400	Systeminterner Plausibilitäts-Check	3	8	4	96		

Wahrscheinlichkeit des Auftretens des Fehlers

- unwahrscheinlich 1
- sehr gering 2-3
- gering 4-6
- mäßig 7-8
- hoch 9-10

Bedeutung des Fehlers für den Kunden

- kaum wahrnehmbar 1
- kleiner Fehler 2-3
- mäßig schwerer Fehler 4-6
- schwerer Fehler 7-8
- sehr schwerer Fehler 9-10

Wahrscheinlichkeit der Entdeckung vor Auslieferung an den Kunden

- hoch 1
- mäßig 2-5
- gering 6-8
- sehr gering 9
- unwahrscheinlich 10

RPZ =
 Auftreten x Bedeutung
 x Entdeckung

Quelle: in Anlehnung an Ruß 1999, S. 323

Abb.9: FMEA-Formblatt⁹⁵

Bei diesem Vorgehen kann man erkennen, dass die FMEA nicht nur zur Fehlerprävention, sondern auch zur Bewertung von Fehlern und zur Entwicklung von Abstellmaßnahmen im Rahmen des Qualitätsmanagement genutzt werden kann.

Qualitätsregelkarten:

Qualitätsregelkarten sind die Grundlage der Qualitätskontrolle in der statistischen Prozesskontrolle (SPC – Statistical ProcessControl). Ziel der SPC ist zu untersuchen, ob ein Prozess stabil läuft, also innerhalb bestimmter Toleranzgrenzen und dicht um den Sollwert.⁹⁶

Mit Kontrollkarten hat man die Möglichkeit, die Entwicklung in der Produktion zu beobachten und sie können zwischen zufälligen und systematischen Qualitätsschwankungen unterscheiden. Das Prinzip von Qualitätsregelkarten ist eine grafische Darstellung der Qualität. So lassen sich plötzlich auftretende Änderungen sowie langsam aber stetige Änderungen in den Produktionsbedingungen direkt aus der Grafik ablesen. Mittels Qualitätsregelkarten soll sowohl die Prozesslage als auch die Prozessstreuung überwacht werden.

⁹⁵Quelle: Bernd Stauss, Wolfgang Seidel, Beschwerdemanagement: unzufriedene Kunden als profitable Zielgruppe, 2007, S. 461

⁹⁶Vgl. Rudolf W. Kessler, Prozessanalytik: Strategien und Fallbeispiele aus der industriellen Praxis, 2006, S. 93

Es gibt zwei Arten von Qualitätsregelkarten, die Shewhart- und die Annahme-Qualitätsregelkarten.⁹⁷

Die Shewhart-Qualitätsregelkarten werden eingesetzt, wenn ein beherrschter Prozess überwacht und geregelt werden soll. Sie überwachen den Mittelwert und die Standardabweichung.

Die Annahme-Qualitätsregelkarten werden bei sehr fähigen Prozessen verwendet, also wenn die Streuung des Prozesses sehr klein gegenüber den zulässigen Toleranzen ist. Sie werden eingesetzt, um Prozesse zu überwachen, die bekannte Trends (Abnutzung etc.) ausweisen, die Sprünge aufweisen (Chargensprünge) oder eine sehr hohe Prozessfähigkeit haben.

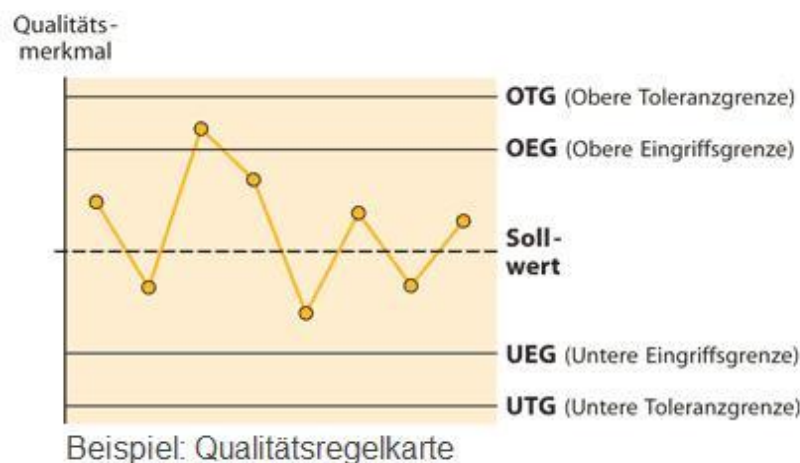


Abb. 10: Beispiel einer Qualitätsregelkarte⁹⁸

Denkmodelle:

Es gibt für unterschiedliche Bereiche eine Vielzahl an verschiedenen Denkmodellen. Das Qualitätsmanagement orientiert sich hauptsächlich an zwei Denkmodellen, die ich kurz beschreiben werde.

⁹⁷ Vgl. Gerhard Linß, Qualitätsmanagement für Ingenieure, 2005, S. 208ff

⁹⁸ Quelle: <http://studix.wiwi.tu-dresden.de/Wiki-fi/images/a/a4/Qualit%C3%A4tsregelkarte.jpg>, Stand: 31.05.2010

Qualitätskreis:⁹⁹

Der Qualitätskreis weist jeder Unternehmensfunktion die Verantwortung für ein bestimmtes Qualitätselement zu, dabei geht er von den Forderungen und Erwartungen der Kunden aus. Neben den Abteilungen und Funktionen, die unmittelbar am Qualitätsgeschehen beteiligt sind, nehmen auch andere indirekt Einfluss auf die Produktionsqualität, wie z.B. die Personalabteilung mit Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen, der Betriebsrat oder das Qualitätswesen, dessen Aufgabe es ist, die qualitätsrelevanten Aktivitäten der einzelnen Funktionen zu koordinieren, die Verantwortlichen zu beraten und der Geschäftsleitung zu berichten.

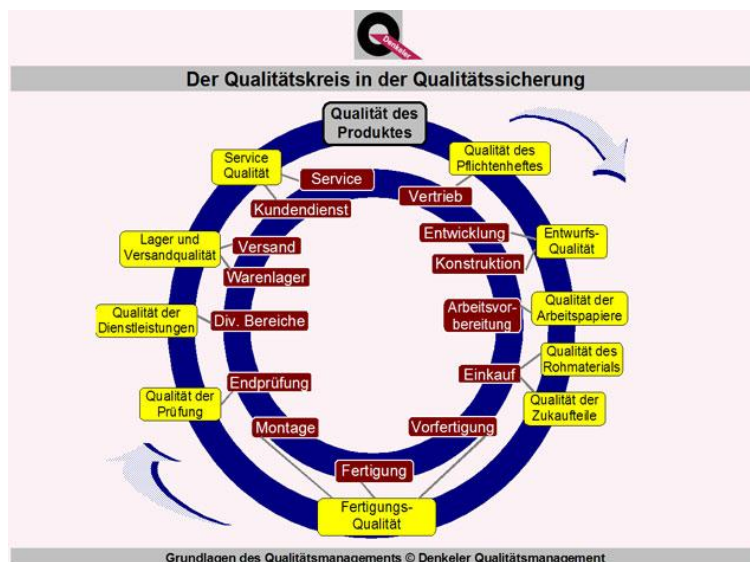


Abb.11: Beispiel eines Qualitätskreises¹⁰⁰

⁹⁹ Vgl. Walter Masing, Robert Schmitt, Masing Handbuch Qualitätsmanagement, 2007, S. 9ff

¹⁰⁰ Quelle: <http://www.denkeler-qm.de/Artikel/Kreis/krei.htm>, Stand: 21.04.2010

Qualitätspyramide:

Die Qualitätspyramide ist ein Stufenkonzept der Dokumentation und entsteht durch einen ähnlichen Gedankengang wie der Qualitätskreis.

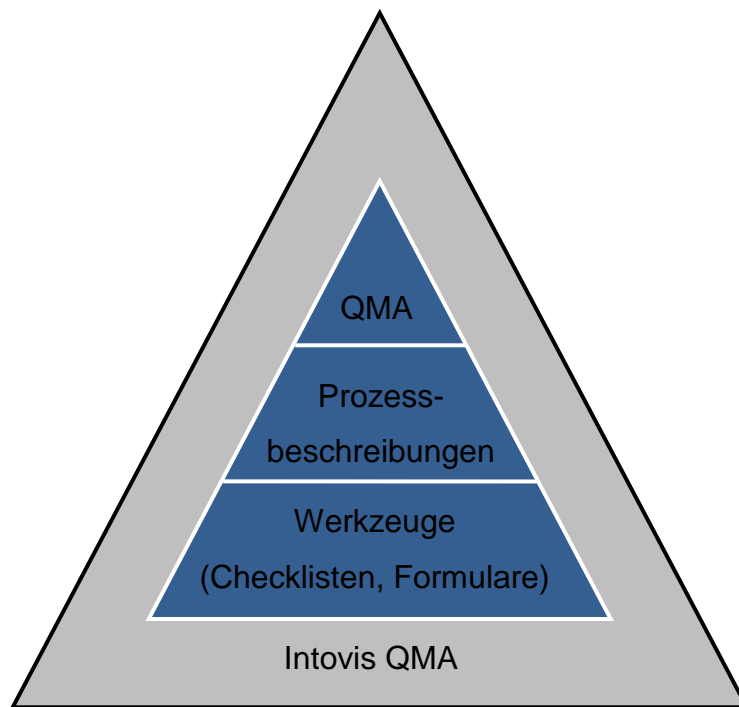


Abb. 12: Beispiel einer Qualitätspyramide¹⁰¹

2.2 Statistik

Laut Wallis und Roberts (1969) ist Statistik eine „*Sammlung von Methoden, welche uns erlauben, vernünftige Entscheidungen im Fall von Unsicherheit zu treffen.*“¹⁰²

Man unterscheidet zwei Arten der Statistik: Die beschreibende Statistik, auch deskriptive Statistik genannt, ist dazu da, Daten unter bestimmten Aspekten zu beschreiben und grafisch darzustellen sowie die in den Daten vorliegenden Informationen auf ihren wesentlichen Kern zu reduzieren.

Die schließende Statistik, oder induktive Statistik, stellt weitere Methoden der Datenanalyse zur Verfügung, welche auf Wahrscheinlichkeitsmodellen beruhen.¹⁰³

¹⁰¹ Quelle: <http://www.intovis.de/intranet/qm/qual-pyramide/image>, Stand: 21.04.2010

¹⁰² Manfred Kühlmeyer, Statistische Auswertungsmethoden für Ingenieure, 2001, S. 1

Das Ziel der Statistik ist Eigenschaften von Daten, wie Häufigkeitsverteilung oder Zusammenhänge, exakt zu beschreiben. Dazu werden Maßzahlen errechnet und Parameter geschätzt, welche die Aufgabe haben, Eigenschaften von Verteilungen komprimiert durch numerische Werte formal zu bestimmen. Maßzahlen sind replizierbar und ermöglichen den genauen, quantifizierbaren Vergleich zwischen Verteilungen.¹⁰⁴

Der Kern von *Six Sigma* ist, die Qualität mit Hilfe von Metriken messbar zu machen und Verbesserungsentscheidungen zu treffen, die auf Fakten basieren. Hierfür liefert die Statistik die Basis. Sie schafft hier eine Möglichkeit, Werte der unterschiedlichsten Metriken zu analysieren, zu gruppieren und zu verstehen. Für die statistischen Auswertungen setzt *Six Sigma* auf ein grundlegendes Grundlagenwissen und einige statistische Werkzeuge. Computerprogramme erleichtern dabei die Anwendung und Visualisierung.¹⁰⁵

2.2.1 Allgemeine Grundlagen der Statistik¹⁰⁶

Mitarbeiter müssen täglich viele Entscheidungen treffen. Oft werden diese Entscheidungen „aus dem Bauch heraus“ getroffen oder basieren auf langjähriger Erfahrung. Durch *Six Sigma* haben statistische Verfahren wieder verstärkt in die Unternehmen Einzug gehalten und Entscheidungen werden auf Basis von Zahlen, Daten und Fakten getroffen.

Statistische Werkzeuge helfen, Entscheidungen auf objektiver Basis zu treffen, da sich Zusammenhänge mit Hilfe von Kennwerten und Grafiken leichter erkennen lassen. Da es bei *Six Sigma*-Projekten laufend zu Situationen kommt, in denen statistische Verfahren zur Entscheidungsfindung herangezogen werden, benötigen *Six Sigma*-Anwender ausreichend Kenntnisse in statistischen Verfahren, um

¹⁰³Vgl. Karl Mosler, Friedrich Schmid, Beschreibende Statistik und Wirtschaftsstatistik, 2006, S. 1ff

¹⁰⁴Vgl. Ben Jann, Einführung in die Statistik, 2005, S. 31

¹⁰⁵Vgl. Harald Hungenberg, Jürgen Meffert, Handbuch strategisches Management, 2005, S. 729

¹⁰⁶Vgl. Johann Wappis, Berndt Jung, Taschenbuch Null-Fehler-Management, 2006, S. 26ff

geeignete Entscheidungsgrundlagen aufbereiten zu können. Dabei unterstützen geeignete Softwarepakete zur Durchführung der statistischen Analysen, die den Anwender von der Rechenarbeit entlasten. Der Anwender konzentriert sich in erster Linie auf die Auswahl der richtigen Verfahren und die korrekte Interpretation der Ergebnisse.

Typische Fragen während eines Verbesserungsprojektes sind:

- Mit wie vielen fehlerhaften Teilen muss ich rechnen?
- Gibt es deutliche Unterschiede zwischen verschiedenen Lieferanten, Maschinen oder Prozesseinstellungen?
- Welche Parameter an einer Maschine muss ich ändern, damit ich die Vorgaben erfülle?
- Ab welcher Abweichung muss ich in den Prozess eingreifen?
- Wie viele der erzeugten Produkte erreichen die erforderliche Lebensdauer?
- Welche Kosten für Reklamationen habe ich zu erwarten?

Zum Basiswissen der Statistik gehören Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeiten. Um diese zu verstehen machen wir einen einfachen Versuch. In einem Sack sind 1000 Kugeln enthalten, davon sind 70 rot. Das bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit, eine rote Kugel zu ziehen, bei 7% ($p=7\%$) liegt.

Nun entnehmen wir eine Stichprobe von $n=50$ Kugeln und zählen die Anzahl der roten Kugeln. Theoretisch ist es möglich, dass keine rote Kugel in der Stichprobe ist oder dass alle entnommenen Kugeln rot sind.

Wenn man nun die Kugeln wieder zurücklegt und den Versuch mehrmals wiederholt, lässt sich ein Punktdiagramm der absoluten Häufigkeit erstellen. Man kann es aber auch als Balkendiagramm darstellen.

Dividiert man die absolute Häufigkeit durch die Anzahl der Versuche, lässt sich die relative Häufigkeit abbilden. Diese Darstellung ist dann vorteilhaft, wenn man mehrere Stichproben mit unterschiedlichem Umfang vergleichen möchte.

Wenn man aus dem Sack unendlich viele Stichproben entnehmen würde, wird der Einfluss des Zufalls immer kleiner. Die relativen Häufigkeiten gehen dann in die Wahrscheinlichkeiten über und die Verteilung entspricht der Binomialverteilung.

Ein weiterer wichtiger Punkt bei den statistischen Grundlagen sind die Merkmalsarten. Sie stehen im Zentrum der Optimierung von Prozessen. Einerseits gibt es Produktmerkmale, wie der Durchmesser einer Bohrung oder Kratzer am Blechteil, andererseits gibt es Prozessmerkmale wie Schnittgeschwindigkeit oder verwendetes Schutzgas.

Diese Merkmale lassen sich in folgende Gruppen teilen:

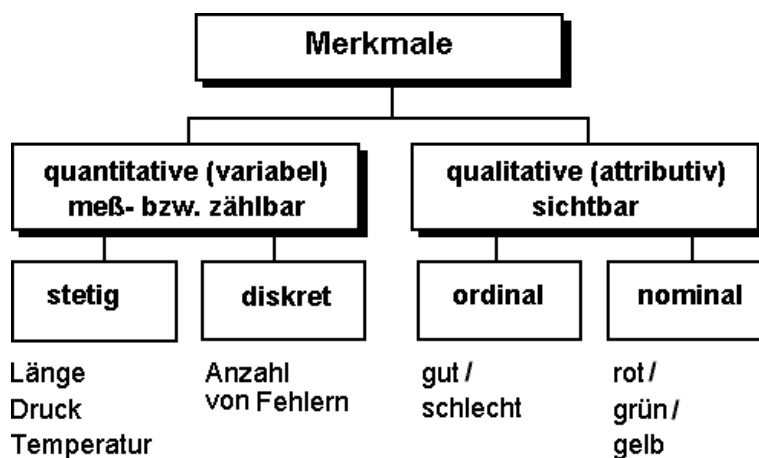


Abb. 13. Merkmalsarten in der Statistik¹⁰⁷

¹⁰⁷ Quelle: http://emilea-stat.stochastik.rwth-aachen.de/WebObjects/data/estat/BF190723-7EDE-F81A-C43E-7304B370C4E2/494_merkmalsarten.gif, Stand: 12.11.2011

- **Kontinuierliche Merkmale:** auch stetige oder messbare Merkmale genannt. Sie können theoretisch jeden beliebigen Wert annehmen. Beispiele sind: Längen von Bauteilen, Rüstzeiten, Füllgewichte oder auch Ausschusskosten in einer Produktion.
- **Diskret veränderliche Merkmale:** oder auch zählbare Merkmale. Hier liefert die Untersuchung Beobachtungswerte, die nur ganzzahlig sein können. Man unterscheidet zwischen der **Anzahl fehlerhafter Einheiten** (fehlerhafte Teile in einem Prüflot) und der **Anzahl der Fehler** (Kratzer pro Blechteil) in einer Stichprobe.
- **Merkmale mit Ordnungsbeziehungen:** Sie gibt es dann, wenn die Merkmalsträger nach der Bewertung geordnet werden können. Z.B. die Einteilung von Lieferanten in die Klassen A, B, C.
- **Merkmale ohne Ordnungsbeziehung:** Sie erlauben eine Zuordnung der Merkmalsträger zu Klassen. Dabei besteht zwischen den Klassen keine Ordnungsbeziehung. Z.B. Aufteilen der Ausfallszeiten nach Ursachen (materialbedingt, maschinenbedingt usw.).

Als letzten Punkt der Grundlagen in der Statistik behandle ich die Aufgaben der analytischen Statistik. Dabei werden Stichproben untersucht, um eine Aussage über die zugehörige Grundgesamtheit zu treffen, etwa zum Nachweis der Prozessfähigkeit oder auch um optimale Prozesseinstellungen zu finden.

Die Stichprobe ist eine Teilmenge der Grundgesamtheit und muss repräsentativ für die Grundgesamtheit sein. Es wird anhand von Kennwerten der Stichprobe auf die Grundgesamtheit geschlossen. Dabei werden die Parameter der Grundgesamtheit aus den Kennwerten der Stichprobe geschätzt.

Die Grundgesamtheit ist nun die gesamte Menge an Teilen, an der man interessiert ist. Will man Informationen zur Grundgesamtheit bekommen, kann man eine Vollerhebung durchführen. Dies wird zum Beispiel bei Wahlen gemacht. Die zweite Möglichkeit wäre, eine Stichprobe zu nehmen und daraus Informationen über die Grundgesamtheit abzuleiten.

Je nach Betrachtungsrichtung kann man dabei zwischen direktem und indirektem Schluss unterscheiden:

Entweder wird von einer bekannten Grundgesamtheit auf das Verhalten von Stichproben geschlossen, dann nennt man es direkten Schluss. Hier wäre ein Anwendungsbeispiel die statistische Prozessregelung. Dabei wird bei einer als bekannt angenommenen Grundgesamtheit ermittelt, in welchem Bereich eine Stichprobe zu erwarten ist (Zufallsstrebereich). Auf Grund von periodischen Entnahmen von Stichproben wird nun überprüft, ob diese im erwarteten Intervall liegen. Dabei wird kontrolliert, ob der Prozess gleichgeblieben ist oder sich verändert hat.

Oder es wird von einer Stichprobe auf die Grundgesamtheit geschlossen, dann nennt man es indirekter Schluss. Als Beispiel sei hier die Angabe von Prozessfähigkeiten genannt. Da jede Stichprobe dem Zufall unterliegt, würde man aus jeder Stichprobe einen anderen Schätzwert für die Grundgesamtheit bekommen. Deshalb wird zusätzlich zum Schätzwert auch ein Intervall (Vertrauensbereich bzw. Konfidenzintervall) angegeben, in dem der angenommene Parameter mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist.

2.2.2 Verteilungsformen¹⁰⁸

Bei den Verteilungsformen wird zwischen diskreter und kontinuierlicher Verteilungsform unterschieden. Dabei kommen diskrete Verteilungsformen bei zählbaren Merkmalen und kontinuierliche Verteilungsformen bei messbaren Merkmalen zur Anwendung. In den *Six Sigma*-Programmen kommen in erster Linie Wahrscheinlichkeitsverteilungen und Parametrische Verteilungen zur Anwendung.

Wahrscheinlichkeitsverteilung: Sie dienen dazu, die Grundgesamtheit zu beschreiben, aus der die Stichproben stammen. Beispiele sind:

¹⁰⁸Vgl. Johann Wappis, Berndt Jung, Taschenbuch Null-Fehler-Management, 2006, S. 31ff

- Wahrscheinlichkeitsverteilung für diskrete Merkmale
 - Hypergeometrische Verteilung
 - Binomialverteilung
 - Poissonverteilung
- Wahrscheinlichkeitsverteilung für kontinuierliche Merkmale
 - Normalverteilung
 - Exponentialverteilung
 - Weibull-Verteilung

Parametrische Verteilung: Sie dient zur Beschreibung der Verteilung von Parametern (z.B. Mittelwert) und wird unter anderem bei statistischen Tests eingesetzt. Beispiele sind:

- Normalverteilung
- t- Verteilung
- χ^2 - Verteilung
- F- Verteilung

In weiterer Folge werde ich diese Verteilungen, beginnend mit der Wahrscheinlichkeitsverteilung, näher betrachten und beschreiben,.

Hypergeometrische Verteilung: Sie gibt den Zusammenhang zwischen der Anzahl der fehlerhaften Teile in einer Stichprobe und der dazugehörigen Wahrscheinlichkeit an. Wichtig ist dabei, dass der entnommene Teil nach der Begutachtung nicht wieder zurückgelegt wird (Ziehen ohne Zurücklegen). Die Entnahme einer Stichprobe bewirkt eine Veränderung der Grundgesamtheit, diese wird durch die Hypergeometrische Verteilung berücksichtigt.

Die Parameter der Hypergeometrischen Verteilung sind: Umfang der Grundgesamtheit (N), Anzahl fehlerhafter Teile in der Grundgesamtheit (d), Größe der Stichprobe (n), Anzahl fehlerhafter Teile in der Stichprobe (x).

$$g(x) = \frac{\binom{d}{n} \binom{N-d}{n-x}}{\binom{N}{n}}$$

N = Umfang der Grundgesamtheit

d = Anzahl fehlerhafter Teile in Grundgesamtheit

n = Größe der Stichprobe

x = Anzahl fehlerhafter Teile in Stichprobe

Binomialverteilung: Sie dient wie die Hypergeometrische Verteilung zur Beschreibung des Zusammenhangs zwischen der Anzahl der fehlerhaften Teile und der zugehörigen Wahrscheinlichkeit. Hier wird ein entnommener Teil nach der Beurteilung wieder zurückgelegt, um die Grundgesamtheit nicht zu verändern (Ziehen mit Zurücklegen). In der Praxis ist häufig die Regel $n < \frac{N}{10}$ erfüllt und die Hypergeometrische Verteilung kann auch ohne Zurücklegen durch die leichter berechenbare Binomialverteilung angenähert werden. Die Parameter der Binomialverteilung sind: die Wahrscheinlichkeit, dass ein Teil fehlerhaft ist (p) und der Umfang der Stichprobe (n).

Die Wahrscheinlichkeit, dass x fehlerhafte Teile in einer Stichprobe mit dem Umfang n zu finden sind, errechnet sich mit folgender Wahrscheinlichkeitsfunktion g(x):

$$g(x; n, p) = \binom{n}{x} \cdot p^x \cdot (1 - p)^{n-x}$$

p = Wahrscheinlichkeit, dass ein Teil fehlerhaft ist

n = Größe der Stichprobe

x = Anzahl fehlerhafter Teile in Stichprobe

Die Einzelwahrscheinlichkeit g(x) gibt an, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist genau x fehlerhafte Teile vorzufinden. Sie errechnet sich mit folgender Verteilungsfunktion G(x):

$$G(x; n, p) = \sum_{i=0}^x g(i; n, p)$$

Poisson-Verteilung: Mit ihr beschreibt man den Zusammenhang zwischen der Anzahl von Beobachtungen pro Einheiten und der dazugehörigen Wahrscheinlichkeit, zum Beispiel die Anzahl von Schweißspritzern pro Blechteil. Der einzige Parameter der Poisson-Verteilung ist die mittlere Anzahl von Beobachtungen (μ).

Die Einzelwahrscheinlichkeit errechnet sich wie folgt:

$$\frac{\mu^x}{x!} \cdot e^{-\mu}$$

μ = mittlere Anzahl von Beobachtungen
 x = Anzahl fehlerhafter Teile in Stichprobe

Die Verteilungsfunktion errechnet sich aus:

$$G(x; \mu) = \sum_{i=0}^x g(i; \mu)$$

Normalverteilung: Ihr kommt eine besondere Bedeutung zu. Häufig wird sie nach dem deutschen Mathematiker Johann Carl Friedrich Gauß als Gaußsche Glockenkurve bezeichnet. Die Parameter der Normalverteilung sind: der arithmetische Mittelwert und die Standardabweichung.

- **Arithmetischer Mittelwert μ :** Er legt die Lage der Glockenkurve fest und gibt die größte Dichte der Messwerte an. Man bezeichnet ihn auch als Erwartungswert.
- **Standardabweichung σ :** Sie misst die Streubreite der Glockenkurve und lässt sich an der Glockenkurve als Abstand vom Mittelwert μ zum Wendepunkt ablesen.

Im Normalfall sind beide Parameter unbekannt und werden aus der Stichprobe geschätzt.

Die Dichtefunktion ist eine symmetrische Funktion, das bedeutet, die Kurve fällt auf beiden Seiten glockenförmig ab und nähert sich asymptotisch der x-Achse. Das heißt, die Kurve berührt die x-Achse erst im Unendlichen.

Die Fläche unter der Glockenkurve wird als Wahrscheinlichkeit abgelesen. $G(x)$ ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Messwert maximal x ist und bezeichnet die Fläche unter der Kurve von $-\infty$ bis x . Die restliche Fläche von x bis $+\infty$ wird als $Q(x)$ bezeichnet. Die Summe von $G(x)$ und $Q(x)$ ist 100%.

$$G(x) + Q(x) = 1$$

Die Wahrscheinlichkeit, dass ein normalverteiltes Merkmal einen bestimmten Wert x annimmt ist gleich Null, die Wahrscheinlichkeit, dass ein Messwert zwischen a und b liegt, entspricht der Fläche unter der Glockenkurve zwischen a und b ($G(b) - G(a)$).

Zur Berechnung der Normalverteilung spielt die **standardisierte Normalverteilung** eine wichtige Rolle. Da mit verschiedenen Mittelwerten und verschiedenen Streuungen unendlich viele Normalverteilungen auftreten können, wird in der Praxis die standardisierte Normalverteilung mit dem Mittelwert $\mu = 0$ und der Standardabweichung $\sigma = 1$ verwendet. Zu diesem Zweck müssen die realen Werte (x -Werte) in die standardisierte Variable u umgewandelt werden. Diese besondere Normalverteilung wird oft u -Verteilung genannt.

Umrechnung der vorhandenen Verteilung auf die standardisierte Normalverteilung:

$$u = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

μ = Mittelwert
 σ = Standardabweichung
 u = standardisierte Variable
 x = Anzahl fehlerhafter Teile

Umrechnung der standardisierten Normalverteilung auf die vorhandene Verteilung:

$$x = \mu + u \cdot \sigma$$

μ = Mittelwert
 σ = Standardabweichung
 u = standardisierte Variable
 x = Anzahl fehlerhafter Teile

Exponentialverteilung: Sie stammt aus der Lebensdaueruntersuchung und beschreibt das Ausfallsverhalten von Bauteilen, die eine kontinuierliche Ausfallsrate haben. Sie ist durch die charakteristische Lebensdauer vollständig beschrieben.

Weibull-Verteilung: Sie lässt sich vielen Formen von Häufigkeitsverteilungen anpassen und gehört zu den wichtigsten Verteilungen zur Untersuchungen der Lebensdauer von Produkten. Die Weibull-Verteilung kann das gesamte Lebensdauerverhalten abbilden. Die Parameter der Weibull-Verteilung sind: charakteristische Lebensdauer, Ausfallssteilheit, ausfallsfreie Zeit.

Die zweite Art von Verteilungen sind die parametrischen Verteilungen. Hier werden die Verteilungen von Parametern wie Mittelwert und Streuung besprochen.

Voraussetzung für parametrische Tests ist, dass die Gesamtheit, aus der die Stichprobe stammt, eine bestimmte Verteilung, z.B. Normalverteilung, aufweist.

t-Verteilung: Bei der standardisierten Normalverteilung wurde die Standardabweichung der Grundgesamtheit σ als bekannt angenommen. Oft ist diese aber nicht bekannt und es wird ein Schätzwert s aus der Stichprobe gerechnet. Deshalb wird für Berechnungen bei unbekanntem σ statt der standardisierten Normalverteilung die t-Verteilung verwendet. Bei einem großen Stichprobenumfang n nähert sich die t-Verteilung der standardisierten Normalverteilung an und geht im Grenzfall in diese über.

Standardabweichung σ bekannt.

Berechnung mit Hilfe der standardisierten Normalverteilung

$$u = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

μ = Mittelwert

σ = Standardabweichung der Grundgesamtheit

n = Stichprobenumfang

Standardabweichung σ nicht bekannt.

Berechnung mit Hilfe der t-Verteilung

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

μ = Mittelwert

s = Schätzwert aus der Stichprobe

n = Stichprobenumfang

Die t-Verteilung ist ebenfalls eine symmetrische Verteilung und wird in erster Linie bei der Berechnung des Vertrauensbereiches und bei Testverfahren angewendet, wenn die Standardabweichung der Grundgesamtheit unbekannt ist.

χ^2 -Verteilung (chi-quadrat-Verteilung): Während aus einer normalverteilten Grundgesamtheit die Mittelwerte von Stichproben normalverteilt sind, sind Standardabweichungen und Varianzen der Stichproben asymmetrisch verteilt. Stichprobenvarianzen einer normalverteilten Grundgesamtheit sind χ^2 -verteilt. Von einer Grundgesamtheit, wo die Varianz σ^2 bekannt ist, werden Stichproben vom Umfang n entnommen. Für jede dieser Stichproben wird die Standardabweichung n berechnet.

Das Verhältnis

$$\chi^2 = f \cdot \frac{s^2}{\sigma^2} \text{ mit } f = n - 1$$

s^2 = Varianz des Stichprobenumfangs

σ^2 = Varianz der Grundgesamtheit

n = Stichprobenumfang

bildet eine Verteilung, die als χ^2 -Verteilung bezeichnet wird. Sie hat als Parameter den Freiheitsgrad $f=n-1$.

Verwendung findet die χ^2 -Verteilung zum Beispiel zur Berechnung des Zufallstreubereiches von Standardabweichungen. Allerdings muss man dabei beachten, dass die Grenzen des Zufallstreubereiches nicht symmetrisch liegen.

Manchmal werden die Standardabweichungen als normalverteilt angenommen, um einfacher rechnen zu können.

F-Verteilung: Die Entstehung der F-Verteilung kann man sich ähnlich vorstellen wie die Entstehung der χ^2 -Verteilung. Bei einer normalverteilten Grundgesamtheit werden Stichproben des Umfangs n_1 und n_2 entnommen und daraus die Varianzen für Stichprobe 1 und Stichprobe 2 errechnet. Das Verhältnis zwischen den Varianzen ergibt die F-Verteilung. Damit kann ermittelt werden, ob das Auftreten eines bestimmten Quotienten F wahrscheinlich ist oder nicht. Die Parameter der F-Verteilung sind Freiheitsgrade der Stichprobe 1 und Stichprobe 2.

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} \text{ mit } f_1 = n_1 - 1; f_2 = n_2 - 1$$

s^2 = Varianz des Stichprobenumfangs
 n = Stichprobenumfang

Anwendung findet die F-Verteilung vor allem beim Vergleich von Varianzen und in weiterer Folge bei Varianzanalysen.

2.2.3 Statistische Kennwerte¹⁰⁹

Hier geht es um die Kennwerte von Stichproben. Diese teilen sich in Kennwerte der Lage, Kennwerte der Streuung und Kennwerte der Verteilungsform auf.

Damit man eine Aussage über die zugehörige Grundgesamtheit machen kann, ist es notwendig, Stichproben zu untersuchen. Damit kann man die Prozessfähigkeit nachweisen oder, anhand von Versuchen, die optimale Prozesseinstellung finden. Mit Hilfe der gemessenen Werte wird auf die Grundgesamtheit geschlossen, indem aus den Kennwerten der Stichproben die Parameter der Grundgesamtheit geschätzt werden.

¹⁰⁹Vgl. Johann Wappis, Berndt Jung, Taschenbuch Null-Fehler-Management, 2006, S. 48ff

Kennwerte der Lage: Diese sind der arithmetische Mittelwert, der Zentralwert oder Median, Häufigster Wert oder Modalwert und das geometrische Mittel.

- **Arithmetischer Mittelwert:** er ist das am häufigsten verwendete Maß für die Lage.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

$i = 1, 2, \dots, n$

$x_i =$ Merkmalswert

$n =$ Stichprobenumfang

bzw.
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

- **Zentralwert/Median:** Um den Median zu bestimmen, muss eine Reihung der Daten durchgeführt werden (auf- oder absteigend). Der Median ist dann der mittlere Wert in der Reihe. Es wird deshalb meist ein ungerader Stichprobenumfang n gewählt. Wählt man einen geraden Stichprobenumfang, so ist der Median das arithmetische Mittel der beiden mittleren Zahlen in der Reihe. Verglichen mit dem arithmetischen Mittelwert ist der Median unempfindlicher gegen Ausreißer und kann manchmal der bessere Schätzwert für die Mitte sein. Außerdem kann er ohne Rechenaufwand ermittelt werden und wird deshalb oft bei der händischen Führung von Regelkarten¹¹⁰ zur Bestimmung der Lage eingesetzt.
- **Häufigster Wert/Modalwert:** Der Modalwert ist der am häufigsten auftretende Wert und findet bei schneller Durchsicht von Messwerten zur Abschätzung der Lage seine Anwendung. Das passiert oft unbewusst.
- **Geometrisches Mittel:** Dieses wird bei Wachstumsprozessen verwendet, um das durchschnittliche Wachstum zu berechnen.

¹¹⁰Vgl. Friedrich Johannaber, Walter Michaeli, Handbuch Spritzgießen, 2004, S. 1191ff

Kennwerte der Streuung: Sie sind ein Maß dafür, wie stark die Stichprobenwerte um ihren Mittelwert streuen. Kennwerte der Streuung sind Varianz, Standardabweichung und Spannweite bzw. Range.

- **Varianz:** Es wäre einfach, als Streuungsmaß die Summe der Abstände aller Einzelwerte zum Mittelwert hin zu bilden. Allerdings würde das Ergebnis bei symmetrischer Verteilung null sein, da sich die negativen und positiven Abstände aufheben. Das verhindert man, indem man die Abstände quadriert und somit die Summe der quadratischen Abweichung bildet. Da auch auf die Stichprobengröße Rücksicht genommen werden muss, wird nun durch den Freiheitsgrad $f = (n - 1)$ dividiert. Der Grund dafür ist, dass im Hinblick auf die Varianz bei einer Stichprobengröße von n nur noch $n-1$ Stichprobenwerte frei wählbar sind. Der letzte Wert ist durch den in der Formel enthaltenen Mittelwert bereits bestimmt. Somit hat man die Varianz errechnet.
- **Standardabweichung:** Sie ist die Quadratwurzel der Varianz. Die Standardabweichung liegt in der Einheit der Messwerte vor und ist somit im Gegensatz zur Varianz leichter interpretierbar.
- **Spannweite (Range):** Sie ist die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Stichprobenwert. Die Spannweite lässt sich sehr einfach ermitteln und wird aus diesem Grund als Streuungsmaß bei der händischen Führung von Regelkarten eingesetzt. Da nur der kleinste und der größte Wert berücksichtigt werden, reagiert dieses Maß stärker auf Extremwerte. Oft wird daher gerade dieses Maß verwendet, um Ausreißer zu ermitteln.

Kennwerte der Verteilungsform: als Kennwerte der Verteilungsform gelten Schiefe, Asymmetrie und Excess/Wölbung (Kurtosis).

- **Schiefe, Asymmetrie:** Sie gibt die Größe sowie die Richtung der Abweichung einer Verteilung von der Symmetrie an.
- **Excess/Wölbung (Kurtosis):** Sie gibt an, ob bei gleicher Varianz das absolute Maximum der Häufigkeitsverteilung größer oder kleiner als bei der Normalverteilung ist. Bei einer flachgipfeligen Verteilung ist die Kurtosis klein, bei einer steilgipfeligen groß.

2.3 Einführung von *Six Sigma* in einem Unternehmen

Eine Six- Sigma-Initiative beginnt mit der Entscheidung für einen Wandel, denn man muss Methoden, die eine Leistungssteigerung in der Organisation bewirken, erlernen und anwenden.¹¹¹

Um *Six Sigma* in einem Unternehmen einzuführen ist es daher wichtig, Zeit und Kraft in die Umsetzung zu investieren. Die oberste Firmenleitung muss von der Wirksamkeit überzeugt sein und bedingungslos dahinterstehen. In diesem Kapitel gehe ich detaillierter auf die Anforderungen und Risiken bei der Einführung von *Six Sigma* ein und beginne mit einer Ist-Analyse von Firmen ohne *Six Sigma*.

2.3.1 Ist-Analyse ohne Einsatz von *Six Sigma*

Das durchschnittliche Qualitätsniveau in der deutschen Industrie liegt bei 3,8 σ . Das bedeutet eine Ausbeute von 99% oder einer Fehlerrate von 10.000 ppm bzw. 10.000 DPMO.¹¹² Ein Prozent Fehlerrate klingt im ersten Moment nicht viel, wenn man das Ganze aber an Hand von ein paar Beispielen betrachtet, wird einem schnell bewußt, wie wichtig es in einigen Bereichen ist, nach Null Fehlern zu streben.

- 464.432 Flugbewegungen im Jahr 2010 am Flughafen Frankfurt

3,8 σ	4644 Probleme bei Starts und Landungen
6 σ	1,58 Probleme bei Starts und Landungen

- Ca. 1.500.000 verkaufte Autos der Marke BMW im Jahr 2010

3,8 σ	ca. 15.000 „Montagsautos“
6 σ	ca. 5 „Montagsautos“

¹¹¹ Vgl. Peter S. Pande, Robert P. Neuman, Roland R. Cavanagh, *Six Sigma erfolgreich einsetzen*, 2001, S. 81

¹¹² Vgl. Armin Töpfer, *Lean Six Sigma: Erfolgreiche Kombination von Lean Management, Six Sigma und Design for Six Sigma*, 2008, S. 10

- 437 Kernkraftwerke weltweit (2011)
 3,8 σ 4,37 machen Probleme
 6 σ 0,00148 machen Probleme

Diese Erkenntnis hat unter anderem dazu beigetragen, dass immer mehr Unternehmen das Konzept von *Six Sigma* umsetzen.

2.3.2 Möglichkeiten für eine erfolgreiche Einführung von *Six Sigma*

Um *Six Sigma* erfolgreich in einem Unternehmen einzuführen, ist die Identifikation des Kunden nötig. Dabei gilt es, den Kundennutzen zu verstehen und die Wahrnehmung des Kunden nachvollziehen zu können. Einiges an *Six Sigma* ist nicht neu, wie z.B. Methoden und Werkzeuge aus den Qualitätsinitiativen der Achtziger-Jahre und auch die „Führung mit Kennzahlen“ ist nichts wirklich Neues. Neu ist allerdings die konsequente Ausrichtung dieser Führungskennzahlen auf Kunden und Kundennutzen.¹¹³

Im Zuge der Verbreitung von *Six Sigma*, ausgehend von Motorola, haben sich zumindest drei Hauptansätze zur Umsetzung herausgebildet.¹¹⁴

Der erste Ansatz, der sogenannte Breakthrough- Ansatz, ist die Einführung und Umsetzung von *Six Sigma* als unternehmensweite Strategie,. Hier wird *Six Sigma* auf oberster Organisationsebene eingeführt und in allen Unternehmensbereichen angewendet. Die Anzahl der Unternehmen, die diese Art der Einführung gewählt haben, ist nicht sehr hoch aber sie umfasst einige der anerkanntesten *Six Sigma*-Unternehmen wie Motorola, GE, American Express, Caterpillar oder Ford. Gerade in diesen Fällen wurde von den besten Ergebnissen mittels einer Breakthrough-Verbesserung berichtet. Um die *Six Sigma*-Initiative eines Unternehmens als unternehmensweite Strategie zu klassifizieren, muss das Programm so geplant und

¹¹³ Vgl. Thomas Michael Fehlmann, *Six Sigma in der SW- Entwicklung*, 2005, S. 33ff

¹¹⁴ Vgl. Kjell Magnusson, Dag Kroslid, Bo Bergman, Kjell Magnusson, Dag Kroslid, Bo Bergmann, *Six Sigma umsetzen*, 2. Auflage 2004, S. 55ff

umgesetzt werden, dass es einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil bringt. Die Implementierung folgt einem Top- down-Prozess, wobei der Vorstandsvorsitzende und seine Stellvertreter die Entscheidung zur Einführung von *Six Sigma* treffen und diese auf die weiteren Unternehmensebenen übertragen. Der Nachteil bei einer Einführung von *Six Sigma* auf diese Weise liegt in den hohen Investitionskosten auf Grund der notwendigen Schulungsmaßnahmen. Diese Kosten müssen von den Verbesserungsprojekten amortisiert werden.¹¹⁵ Laut führender *Six Sigma*-Unternehmen wird der Zeitrahmen für eine firmenweite Einführung auf ungefähr fünf Jahre geschätzt.

Als zweiter und häufigster Ansatz gilt die Einführung von *Six Sigma* als Verbesserungsprogramm in bestimmten Bereichen eines Unternehmens. In großen Unternehmen wird *Six Sigma* in einem Geschäftsbereich oder in Niederlassungen und Serviceeinheiten angewendet, in kleineren Unternehmen wird es als interne Verbesserungsinitiative gestartet. Hinter der Einführung von *Six Sigma* als Verbesserungsprogramm stehen natürlich auch strategische Überlegungen, aber der Ansatz ist normalerweise begrenzt und freiwillig. Man beginnt daher mit *Six Sigma*, um Verbesserungspotential im Tagesgeschäft zu nutzen und zwar um sich auf ständige Verbesserung in den frühen Phasen der Umsetzung zu konzentrieren. Dabei wird *Six Sigma* vom Inneren des Unternehmens heraus gestartet. Somit geht *Six Sigma* nicht von der Unternehmensspitze aus, sondern entwickelt sich auf Grund der Erfolge in einem oder mehreren Bereichen des Unternehmens. Es ist also kein Top-down-Prozess. Bei entsprechendem Erfolg und genügend Aufmerksamkeit seitens der Unternehmensleitung kann daraus durchaus eine unternehmensweite Strategie werden. Erfahrungsgemäß dauert es etwa ein Jahr um *Six Sigma* als Verbesserungsprogramm in eine Organisationseinheit einzuführen.

Dritter und zugleich minimalistischster Ansatz ist die Integration von *Six Sigma* in bestehende Verbesserungskonzepte in Form einer Toolbox. Hier ist das Unternehmen zum Ergebnis gekommen, dass *Six Sigma* unverzichtbar ist, allerdings verpflichtet sich die oberste Firmenleitung nicht dazu, *Six Sigma* als unternehmensweite Strategie oder Verbesserungsprogramm anzusehen. Die

¹¹⁵Vgl. Carsten Gundlach, Praxishandbuch Six Sigma: Fehler vermeiden, Prozesse verbessern, Kosten senken, 2008, S. 34

Alternative besteht nun darin, die *Six Sigma*-Toolbox und manchmal auch die Verbesserungsmethoden DMAIC und DMADV, in vorhandene Strategien und Verbesserungsprogramme zu integrieren. Das erfordert kaum eine zusätzliche Verpflichtung oder weitere Einbindung von Mitarbeitern. Es ist also eine Umsetzungsart, in der *Six Sigma* an sich nicht anerkannt wird, sondern nur die einzelnen Werkzeuge. Alternativ kann dieser minimalistischer Ansatz auch dazu verwendet werden, die *Six Sigma*-Methoden und die Toolbox zur allgemeinen Problemlösung oder zur gezielten Problemlösung in der Umsetzungsphase heranzuziehen. Dabei hat sich die Sieben-mal-sieben-Toolbox bewährt. Sie besteht aus sieben Gruppen von Verbesserungswerkzeugen und jede Gruppe hat sieben Einzelwerkzeuge, die eine Mischung aus Techniken, Methoden und mentalen Modellen sind. Sie wird sowohl für Breakthrough-Verbesserungen als auch für laufende Verbesserungen eingesetzt.

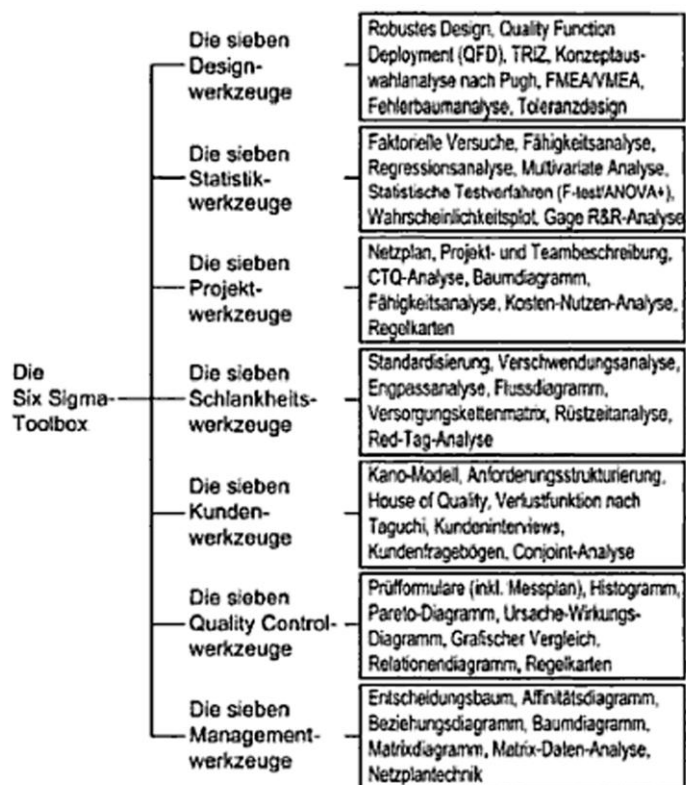


Abb. 14: Sieben-mal-sieben-Toolbox¹¹⁶

¹¹⁶Quelle: Kjell Magnusson, Dag Kroslid, Bo Bergmann, Six Sigma umsetzen, 2. Auflage 2004, S. 58

Eine Möglichkeit um *Six Sigma* erfolgreich einzuführen ist das 12-Schritte-Umsetzungsmodell. Es ist in vier große Bereiche eingeteilt.¹¹⁷

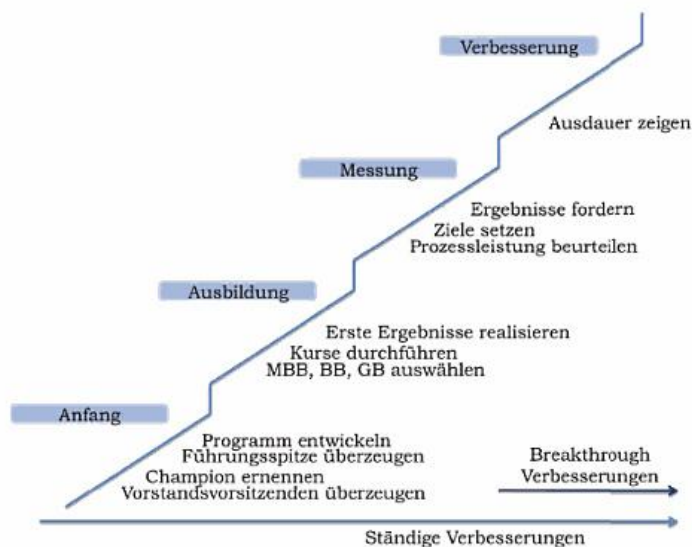


Abb. 15: 12-Schritte-Umsetzungsmodell¹¹⁸

Im ersten Bereich, dem „Anfang“, wird das obere Management von *Six Sigma* überzeugt und die oberen Bereiche der *Six Sigma*-Hierarchie aufgebaut, es werden Mitarbeiter rekrutiert und Gremien gebildet. Nachdem die höchsten Einflussträger dem Konzept zugestimmt haben, muss es in das Unternehmenskonzept integriert und in der Organisation sichtbar werden.

Im zweiten Bereich, „Ausbildung“, wird in mehreren Schritten die gesamte Organisation aufgebaut. Hier werden die Master Black Belts, Black Belts und Green Belts ausgesucht und ausgebildet. Sie führen bereits erste Projekte mit Verbesserungspotential durch. Dabei ist es wichtig, die erzielten Erfolge im Unternehmen bekannt zu machen, um das Konzept und die Ziele immer mehr Mitarbeitern nahe zu bringen.

Im dritten Bereich, „Messung“, werden kommende Ziele ermittelt und diese sollten auch von der Unternehmensleitung als Ergebnis eingefordert werden.

¹¹⁷Vgl. Kjell Magnusson, Dag Kroslid, Bo Bergman, Kjell Magnusson, Dag Kroslid, Bo Bergmann, *Six Sigma umsetzen*, 2004, S. 59ff

¹¹⁸Quelle: *Six Sigma – Konzept und Realität*, Mark Schnitker, 2008, S. 32

Im vierten Bereich, „Verbesserung“, soll nun der Übergang zur festen Implementierung erfolgen. Dabei werden verschiedene Bereiche des Unternehmens angesprochen und die Teams beginnen mit ersten Projekten. Ein ganz wichtiger Punkt ist dabei die Ausdauer. Die ersten Projekte werden vielleicht nicht den erhofften Erfolg bringen - zu lange Zeit bis sich ein Erfolg einstellt, zu wenig Kosteneinsparungen oder Ähnliches. Hier ist es wichtig Durchhaltevermögen zu beweisen und nicht nach zu kurzer Zeit positive Ergebnisse zu erwarten, denn wenn Prozesse über Jahre hinweg nicht optimal gelaufen sind, schafft auch *Six Sigma* keine signifikanten Verbesserungen über Nacht.

2.3.3 Notwendige Rahmenbedingungen bei der Einführung von *Six Sigma* in der Industrie¹¹⁹

Damit *Six Sigma* dauerhaft in einem Unternehmen zum Erfolg beiträgt, bedarf es bestimmter organisatorischer Rahmenbedingungen. So startet die Einführung von *Six Sigma* beim Geschäftsführer. Dieser muss davon überzeugt sein und es auch entsprechend vermitteln. Er muss intensiv in das Programm eingebunden werden und der Erfolg des *Six Sigma*-Programms muss ihm ein persönliches Anliegen sein. Dabei gibt es bestimmte Angelegenheiten oder Aktivitäten die von der Geschäftsführung kommen sollten. Sie muss z.B. die Rahmenbedingungen für die Einführung von *Six Sigma* schaffen, Ziele für das *Six Sigma*-Programm festlegen, die Fortschritte der Verbesserungsprojekte aktiv verfolgen oder auch auftretende Schwierigkeiten beseitigen.

Es müssen auch das Leitungsteam und die Mitarbeiter davon überzeugt werden, dass Kundenorientierung und ständige Verbesserung für den Erfolg des Unternehmens wichtig sind und dass *Six Sigma* das richtige Werkzeug dafür ist. Erst wenn die Führungskräfte von *Six Sigma* überzeugt sind, kann mit der *Six Sigma*-Einführung begonnen werden.

¹¹⁹ Vgl. Johann Wappis, Berndt Jung, Taschenbuch Null-Fehler-Management, 2006, S. 316ff

Dabei darf man keinesfalls nur die technisch-organisatorische Seite betrachten. Mindestens genauso wichtig ist der Faktor Mensch. Der Wandlungsprozess der Werthaltung und der Einstellungen und Überzeugungen der Führungskräfte und Mitarbeiter muss professionell umgesetzt werden. Ein möglicher Ansatz, um Projekte zur Einführung von *Six Sigma* zu planen und durchzuführen, ist das Dreiphasenmodell von Lewin¹²⁰.

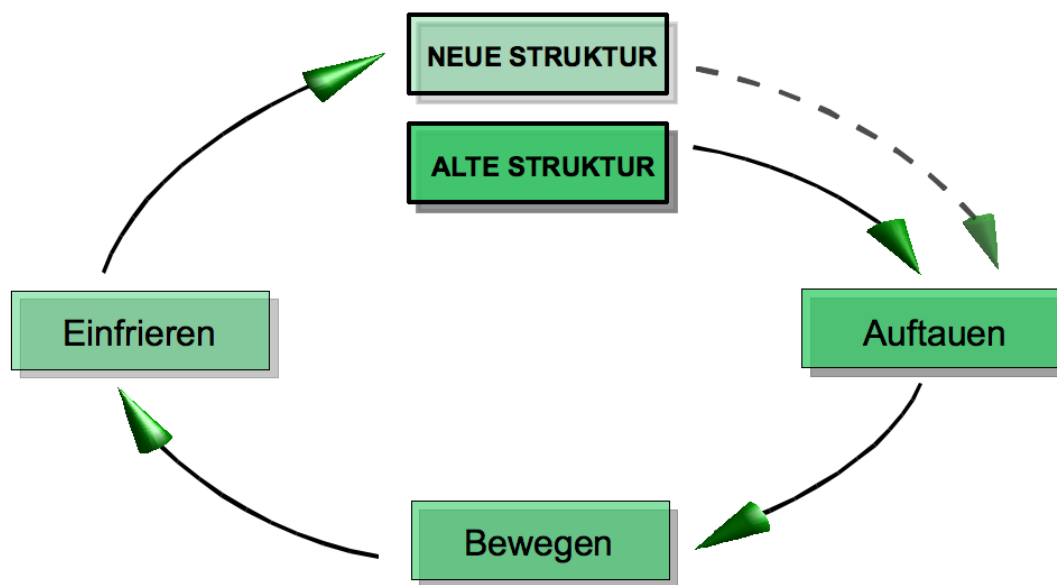


Abb. 16: Dreiphasenmodell von Lewin¹²¹

Levin geht davon aus, dass man nur durch „Auftauen“ der existierenden Verhaltensmuster und Strukturen die Bereitschaft für grundlegende Veränderungen schafft. Im Anschluss an die eigentliche Veränderung oder „Bewegung“ ist eine Phase des „Einfrierens“ der neuen Verhaltensmuster nötig.

¹²⁰Vgl. Katja Jacob, Zusammenhang von Organisationswandel und innerer Kündigung: Maßnahmen zur Beilegung von internen Widerständen, 2009, S. 32ff

¹²¹Quelle: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2e/3Phasenmodell_von_Lewin.png, Stand: 12.11.2011

Um eine erfolgreiche Einführung von *Six Sigma* zu gewährleisten und Führungskräfte sowie Mitarbeiter zu überzeugen, sind schnelle, sichtbare Erfolge entscheidend. Um diese zu erreichen, sind einige wichtige Punkte umzusetzen.

Für die erste Qualifizierungswelle, der Ausbildung zum Black Belt und Green Belt, müssen zuerst geeignete Kandidaten ausgewählt werden. Dabei soll es sich um neugierige und aufgeschlossene Mitarbeiter handeln, die interessiert daran sind, das *Six Sigma*-Programm kennenzulernen. Sie sollten aus unterschiedlichen Bereichen des Unternehmens kommen, um die gesamte Firma in ihrer Breite einzuflechten.

In weiterer Folge, begleitend zur Ausbildung zum Black Belt, müssen die Teilnehmer ein Verbesserungsprojekt realisieren. Dieses Projekt soll als Lernprojekt verstanden werden. Hier lernen die Teilnehmer die *Six Sigma*-Methodik kennen, entsprechende Werkzeuge und Methoden einzusetzen und Verbesserungen, orientiert an der Roadmap, abzuwickeln.

Wichtig bei der Auswahl von Projekten:

1. Das Projekt sollte nicht zu komplex sein.
2. die Erfolgchancen müssen hoch und realistisch sein.
3. die *Six Sigma*-Werkzeuge sollten auf breiter Basis zum Einsatz kommen.

Da es beim Pilotprojekt darum geht, mit *Six Sigma* vertraut zu werden, ist es nicht zielführend, äußerst komplexe Themen, oder ein Projekt woran andere Teams bereit gescheitert sind, auszuwählen. Ist nach einigen Projekten eine gewisse Routine vorhanden, wird man sich an schwierigere Aufgabenstellungen heranwagen.

Normalerweise wird die Ausbildung zum Black Belt, und meist auch zum Green Belt, in mehrere Einheiten aufgeteilt und dauert dann mehrere Monate. Zwischen den Einheiten ist es wichtig, dass die Teilnehmer die erlernten Inhalte in einem konkreten Projekt in der Praxis umsetzen. Durch solch ein kombiniertes Modell, Ausbildung und Praxisprojekt, profitiert ein Unternehmen sofort, da jeder Teilnehmer durch sein Verbesserungsprojekt für reale Einsparungen im Unternehmen sorgt. Im Allgemeinen übersteigen die Einsparungen aus den Projekten bei weitem die Ausbildungskosten.

Was man auch nicht außer Acht lassen sollte ist, dass es in den meisten Organisationen Personen gibt, die solchen Initiativen sehr misstrauisch gegenüberstehen. Mit Hilfe nachvollziehbarer Ergebnisse aus den Projekten lassen sich diese Skeptiker viel leichter überzeugen. Deshalb ist es wichtig, die gemachten Ergebnisse auch entsprechend im Unternehmen bekannt zu machen.

Um *Six Sigma* in der Aufbau- und Ablauforganisation eines Unternehmens zu verankern, benötigt man eine gewisse Sensibilität, denn *Six Sigma* muss auf bereits Bestehendes Rücksicht nehmen und vorsichtig in die gewachsenen Strukturen des Unternehmens eingeführt werden. Das reicht von der Eingliederung der bisher angewendeten Werkzeuge wie z.B. FMEA¹²² und Messmittelanalyse, bis zur Anbindung an bestehende Verbesserungsprogramme. Die Aufgabe der Verankerung in der Organisation ist, die bestmöglichen Rahmenbedingungen für die Initiierung und Abwicklung der *Six Sigma*-Projekte zu schaffen.

Ist *Six Sigma* in der Organisation eingeführt, muss das *Six Sigma*-Programm nachhaltig abgesichert werden. Dazu gehören unter anderem folgende Aufgaben:

- Erfolge und auch Misserfolge der *Six Sigma*-Projekte und des *Six Sigma*-Programms verfolgen.
- Maßnahmen setzen um den *Six Sigma*-Erfolg zu stützen

Themenkreise auf welche die Geschäftsleitung ihr Augenmerk richten sollte:

- Beitrag von *Six Sigma* zum Unternehmenserfolg
- Wahrnehmung der spezifischen Aufgaben durch die Führungskräfte (Ermittlung von Projektideen, Projektbeauftragung und Projektverfolgung, Beseitigung von Hindernissen)
- Einstellung und Motivation der Führungskräfte und Mitarbeiter zu *Six Sigma* als Werkzeug zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit
- Kenntnisstand von Führungskräften und Mitarbeitern

¹²²Vgl.: Thorsten Tietjen, Dieter H. Müller. FMEA- Praxis, 2003

3 Lösungsvorschlag zur Optimierung von Qualität, Kundenzufriedenheit und Kosten

Nachfolgend werde ich nun die Vorgehensweise und praktische Anwendung des DMAIC-Prozesses anhand eines Beispiels erläutern. Im Speziellen geht es um eine Fehlerkostenreduzierung bei einer bestimmten Kostenstelle. Aus Gründen der Geheimhaltung werde ich gewisse Begriffe (wie Lieferant, Kunde, Kostenstelle etc.) mit willkürlich ausgewählten Zahlen darstellen.

3.1 Theorie zum Beispiel Kostenreduzierung

Ich starte mit der DEFINE-Phase. Hier wird das Problem klar beschrieben bzw. definiert. Zuerst werden die Ausgangssituation und die beabsichtigte Verbesserung vollständig beschrieben. Anschließend verschafft man sich einen Überblick über den zu verbessernden Prozess, ermittelt den Kunden, dessen Forderungen und seine Bedürfnisse. Am Ende dieser Phase wird der Projektauftrag abgestimmt und unterzeichnet.

In der MEASURE-Phase wird der Prozess detailliert und mittels SIPOC-Analyse als Flussdiagramm dargestellt. Aus der laufenden Produktion werden Daten wie Messmittelfähigkeit mit Hilfe von Prüfsystemen erfasst und ausgewertet.

In der ANALYZE-Phase werden Haupteinflussfaktoren identifiziert und mögliche Ursachen-Wirkungs-Zusammenhänge ermittelt.

In der nachfolgenden IMPROVE-Phase werden nun die Ursachen der Störung abgestellt oder verringert. Es werden Lösungsvarianten entwickelt, bewertet und die wahrscheinlichste ausgewählt. Diese wird dann erprobt, die Wirksamkeit nachgewiesen und die Implementierung geplant.

In der letzten, der CONTROL-Phase, wird die eingesetzte Lösung über einen gewissen Zeitraum untersucht und überprüft, um den nachhaltigen Erfolg des Verbesserungsprojektes sicherzustellen.

Als Projektabschluss sollen die gemachten Erfahrungen dem Rest des Unternehmens zugänglich gemacht werden. Mitarbeiter sollen über den neuen Prozess informiert und eingeschult werden, Schulungspläne sollen angepasst und die Implementierung überwacht werden. Auch sollen die gewonnenen Erkenntnisse eventuell bei anderen Prozessen angewendet werden.

3.2 Beispiel Kostenreduzierung

Define-Phase:

Beschreibung der Ist-Situation:

Im ersten Quartal (01.01.2000 bis 31.03.2000) wurden auf der Kostenstelle 1234, Fehlerkosten (inkl. Prüfteilkosten) in Höhe von ca. EUR 50.000.- produziert. In diesem Wert sind keine Nacharbeitskosten für Nachschweißen enthalten. Während dieses Beobachtungszeitraumes wurden rund 425.000 Stk. bei einem Fehleranteil von ca. 5% produziert (ohne Nacharbeitsteile, diese werden als I.O. ausgewertet). Die Daten sind aus der BDE (Betriebsdatenerfassung).

Zieldefinition:

Ziel ist die Reduktion des Fehleranteils von 5% (EUR 200.000.-/Jahr) auf 4% (EUR 160.000.-/Jahr).

Nichtziele:

- Der Ausschussanteil und die Nacharbeit dürfen nicht steigen.
- Die Durchlaufzeit pro Teil darf nicht verschlechtert werden.
- Fehleranteilreduktion anderer Prozessschritte.

Empfänger des Prozessoutputs bzw. Kunde:

4321

Spezifikation des Kunden:

Kunde verlangt I.O.- Teile (Maßhaltigkeit, Schweißqualität, Festigkeit 85Nm).

Projektteam:

Projektleiter, Rohbau, Produktionstechniker (BDE), Black Belt, Technische Planung, Controller.

Zusätzlich notwendige Ressourcen:

- Gruppenleiter, Einsteller, Maschinenbediener (EUR 1.000.-).
- Teambesprechungen (EUR 500.-).
- Eventuelle Dienstreisen bzw. externe Beratung (EUR 3.000.-).
- Eventueller Anlagenumbau/-erweiterung (EUR 15.000.-).

Wie wird der Prozess gemessen:

BDE/FSK (Produktionszahlen, Ausschuss nach Fehlerarten, Stehzeiten...)

Welchen wirtschaftlichen, sicherheitstechnischen, umweltrelevanten Nutzen wollen wir:

Bei einer Jahresstückzahl von 1.700.000 Stk. sollen EUR 40.000.- eingespart werden.

Angestrebter Zeitplan:

Ende Define: KW18

Ende Measure: KW21

Ende Analyze: KW25

Ende Improve: KW29

Ende Control: KW35

Ende Prozessweiterentwicklung: KW52

Terminplan:

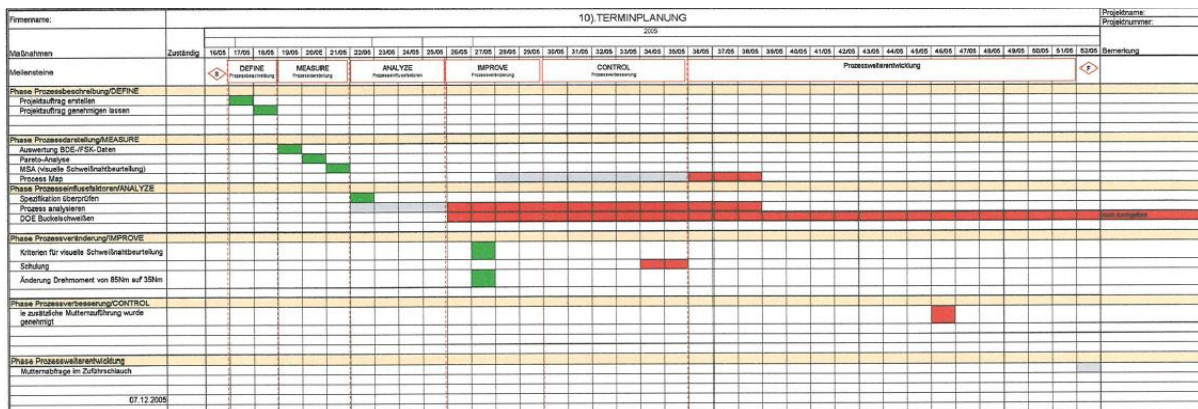


Abb.17: Terminplanung

Measure- Phase:

Welche Prozessfähigkeit hat der Prozess:

Da die Ausschusszahlen stark schwanken und nicht normalverteilt sind, wurde die Prozessfähigkeit nicht ermittelt.

Pareto- Analyse:

Ca. 10.000 Stk. Buckelschweißen, ca. 3.500 Stk. MAG- Schweißen.

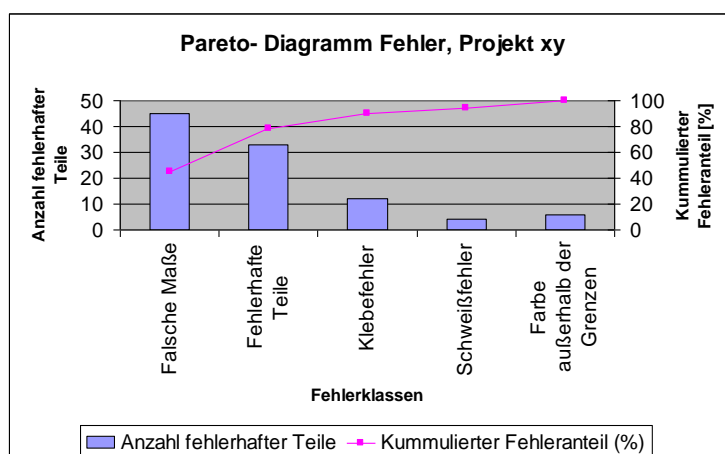


Abb.18: Pareto-Diagramm

Welche Messmittelfähigkeit wird erreicht:

77% bzw. 80% bei der visuellen Schweißnahtbeurteilung.

Welche Inputs/Outputs hat der Prozess:

Dieses lässt sich an Hand der Process Map nachvollziehen.

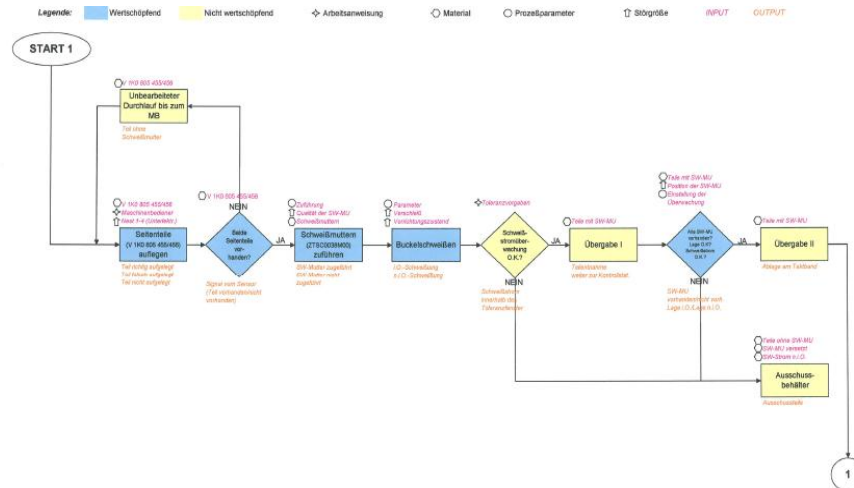


Abb.19: Process Map 1

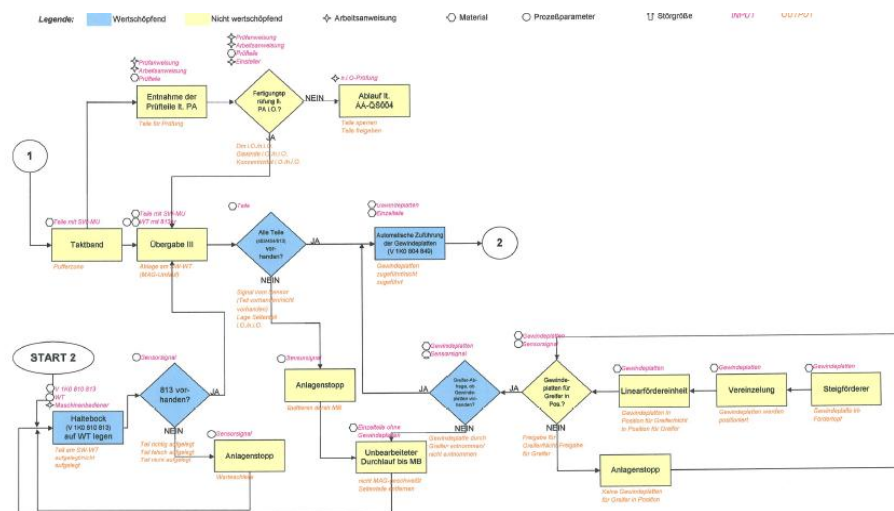


Abb.20: Process Map 2

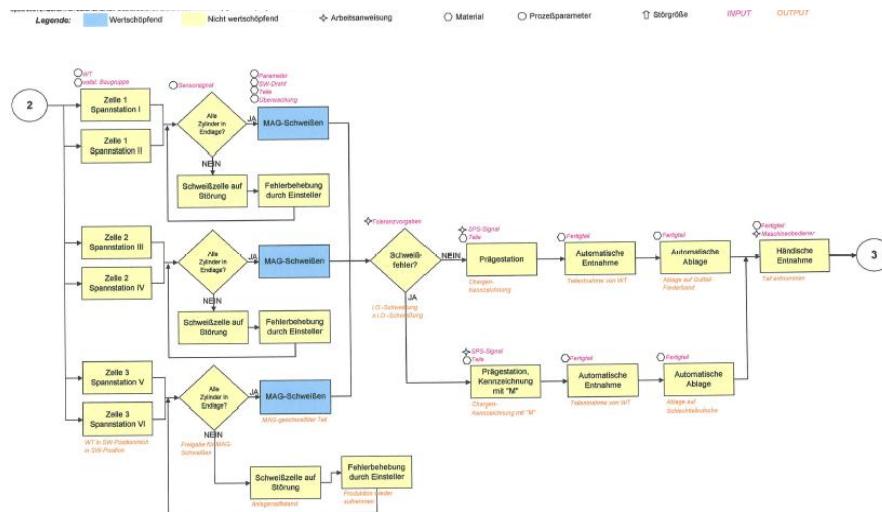


Abb.21: Process Map 3

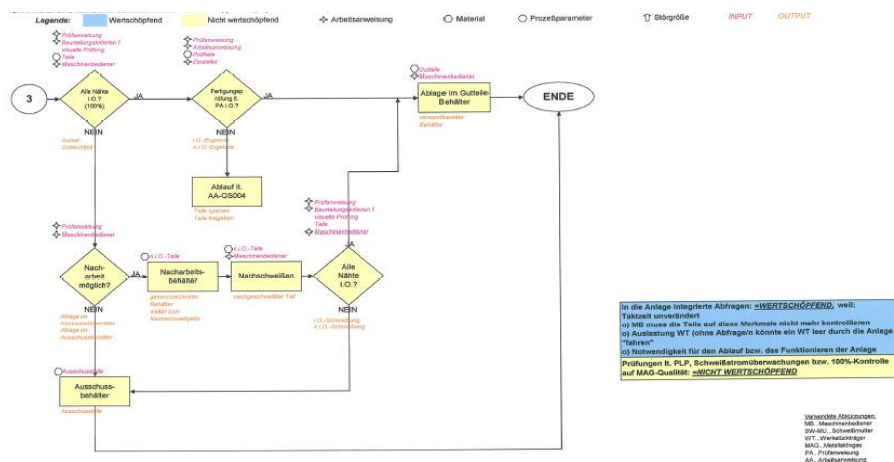


Abb.22: Process Map 4

Welche Datenerfassung ist noch notwendig:

Keine, außer die zusätzliche Mutterabfrage im Zuführschlauch wird genehmigt, dann müssen die Daten nach Umsetzung nochmals zur Wirksamkeitskontrolle ausgewertet werden.

Analyze- Phase:

Haupteinflussfaktoren:

Die Buckelschweißanlage ist am Limit ausgelegt und kann die geforderten 85Nm nur schwer halten. Unterschiedliche visuelle Bewertung der Schweißnähte durch die Maschinenbediener bzw. Einsteller.

Welche Einflussfaktoren können verändert werden:

Durch die genaue Überprüfung der Spezifikation ergibt sich eine Forderung des Kunden bezüglich der Festigkeit von 35Nm. Die Freigabe des Kunden liegt schriftlich vor und die Prüfanweisung wurde an die neuen Bedingungen angepasst. Die unterschiedliche visuelle Bewertung der Schweißnähte kann nur über gezielte Schulungen annähernd vereinheitlicht werden.

Improve- Phase:

Welche Lösungsvarianten können ermittelt werden:

- Forderung der Festigkeit von 35Nm.
- Bewertung der Schweißnähte.
- Zusätzliche Mutternabfrage.

Welche Lösungen werden umgesetzt:

Die Prüfanweisung wurde an die neue Forderung von 35Nm angepasst. Die unterschiedliche Bewertung der Schweißnähte kann nur über gezielte Schulungen annähernd vereinheitlicht werden. Zusätzliche Mutternabfrage.

Welcher Umsetzungszeitraum, inklusive Kosten, wird benötigt:

Erarbeitung der Beurteilungskriterien – insgesamt ca. 8 Std. inklusive Freigabe (Umsetzungsdauer 2 Wochen).

Schulung von 3 Einstellern und 3 Maschinenbedienern – insgesamt ca. 3 Std.

Schulung wurde durchgeführt von Schulungsleiter – insgesamt 3 Std. (Umsetzungsdauer 2 Wochen).

Ergibt in Summe ca. 14 Std. bei einer Umsetzungsdauer von 4 Wochen.

Geschätzte Kosten: 14 Std. X EUR 25.- ergibt EUR 350.-.

Control- Phase:

Was hat sich am Prozess verbessert:

Die durchschnittlichen Wochen-Ausschuss-Zahlen sind im Vergleich zum Vorjahr von 1738 auf 1448 Schlechteile gesunken.

Bei einer Wochenverbesserung von 1738 auf 1448 Schlechteile ergibt das im Jahr bei 49 Arbeitswochen eine Reduzierung der Schlechteile von 14210 Teilen pro Jahr. Bei einem Selbstkostenanteil von EUR 2,469 pro Teil ergibt das im Jahr EUR 35.084.- Einsparung.

Projektabschluss:

Was konnten wir aus dem Projekt lernen:

- Spezifikationen immer überprüfen bzw. hinterfragen
- Durchführung einer MSA
- Versichern, ob die Betriebsmittel geeignet sind, die Vorgaben zu erfüllen

Abschlussbericht:

Zusammenfassung der Projektbeschreibung:

Im Zuge des Projektes „Fehlerkostenreduzierung KST 1234“ sollte eine Reduktion des Ausschussanteils von 5% auf 4% erreicht werden. Zum jetzigen Zeitpunkt wurde eine Reduktion auf 4,4% erreicht.

Zwei wesentliche Änderungen/Verbesserungen wurden umgesetzt:

- Reduktion des Drehmoments von 85Nm auf 35 Nm
- Die Festlegung von Kriterien für die visuelle Schweißnahtbeurteilung und die Schulung des betroffenen Produktionspersonals.

Eine weitere Reduktion kann durch die Montage einer zusätzlichen Mutterabfrage im Zuführschlauch erzielt werden. Die Kosten für diese Abfrage belaufen sich auf ca. EUR 500.- und müssen genehmigt werden.

Erfüllung der geplanten Leistungen:

- Reduktion des Fehleranteiles im Prozess Schweißen auf 4,4% oder EUR 176.000.-(Zielwert 4% oder EUR 160.000).

Die Eurobeträge beinhalten den Selbstkostenanteil für das Fertigteil. Bei Ausschussteilen im Prozess Buckelschweißen wird jedoch „nur“ ein Halbfertigteil verschrottet.

Abschluss des Projektes:

Datum und Unterschrift von Projektleiter, Vorgesetztem und Geschäftsleitung.

4 Schlussbetrachtung/Ausblick

Ich bin der Meinung, dass *Six Sigma* ein sehr guter Weg sein kann, um Verbesserungen in einem Unternehmen zu ermöglichen. Allerdings wird es nicht gelingen, *Six Sigma* über Nacht einzuführen. Es müssen einige Rahmenbedingungen vorhanden sein bzw. geschaffen werden, damit die Einführung von *Six Sigma* ein Erfolg wird.

Eines der wichtigsten Dinge dabei ist, dass das obere Management voll hinter der Einführung von *Six Sigma* steht und dementsprechend agiert. Schließlich gilt es, die Mitarbeiter von *Six Sigma* zu überzeugen und dahingehend zu motivieren, dass sie das Konzept nicht nur verstehen, sondern auch mittragen und anwenden. Weiters muss das Management auch nötige Ressourcen wie Finanzmittel und Personal zur Verfügung stellen. Es ist auch wichtig, die richtige Auswahl an qualifiziertem Personal zu treffen um sie in *Six Sigma* zu schulen und ein umsetzungskräftiges Team zusammenstellen zu können.

Trotzdem, oder gerade deshalb, ist *Six Sigma* nicht für jedes Unternehmen geeignet. Speziell kleine- und mittlere Betriebe, so genannte KMU's, werden die Umsetzung sehr schwer bewältigen können, da es ihnen oftmals an den nötigen finanziellen Mitteln oder dem nötigen Personal fehlt. Sie sind oft auch anders strukturiert, sodass die Einführung von *Six Sigma* Veränderungen herbeiführen würde, welche für diese Unternehmen nicht ziel führend sind. In vielen KMU's wird das Qualitätsmanagement sehr stiefmütterlich behandelt, was bedeutet, dass der Qualitätsbereich eher als notwendiges Übel denn als Chance zur Verbesserung gesehen wird. In diesem Fall wird *Six Sigma* ebenfalls keine Wunder vollbringen und ist von vorne herein zum Scheitern verurteilt.

Allerdings zeigt sich, dass *Six Sigma* trotzdem immer mehr für KMUs interessant wird. Vor allem jene, welche ein funktionierendes Qualitätsmanagement haben, lassen sich die Chancen, die *Six Sigma* bietet, nicht entgehen.

Ebenso wird *Six Sigma* vermehrt in industriefremden Bereichen Einzug halten, wie es schon im Gesundheitswesen passiert. Weiters wird sich wahrscheinlich in Zukunft

eine Kombination von *Six Sigma* mit anderen Qualitätsbestrebungen, wie ISO 9001, ergeben, auch eine stärkere Entwicklung zu Design for Six Sigma hin oder eine Kombination von *Six Sigma* mit Lean Management, dem so genannten Lean Six Sigma, ist bereits abzusehen.

Zum Schluss möchte ich noch anhand einer Grafik die Entwicklung von Lean Six Sigma und Design for Six Sigma im Vergleich zu Six Sigma seit dem Jahr 2000 aufzeigen. Zu diesem Zweck sammelte ich Daten über Publikationen zu diesen Themen aus dem Bibliothekssystem Aleph.

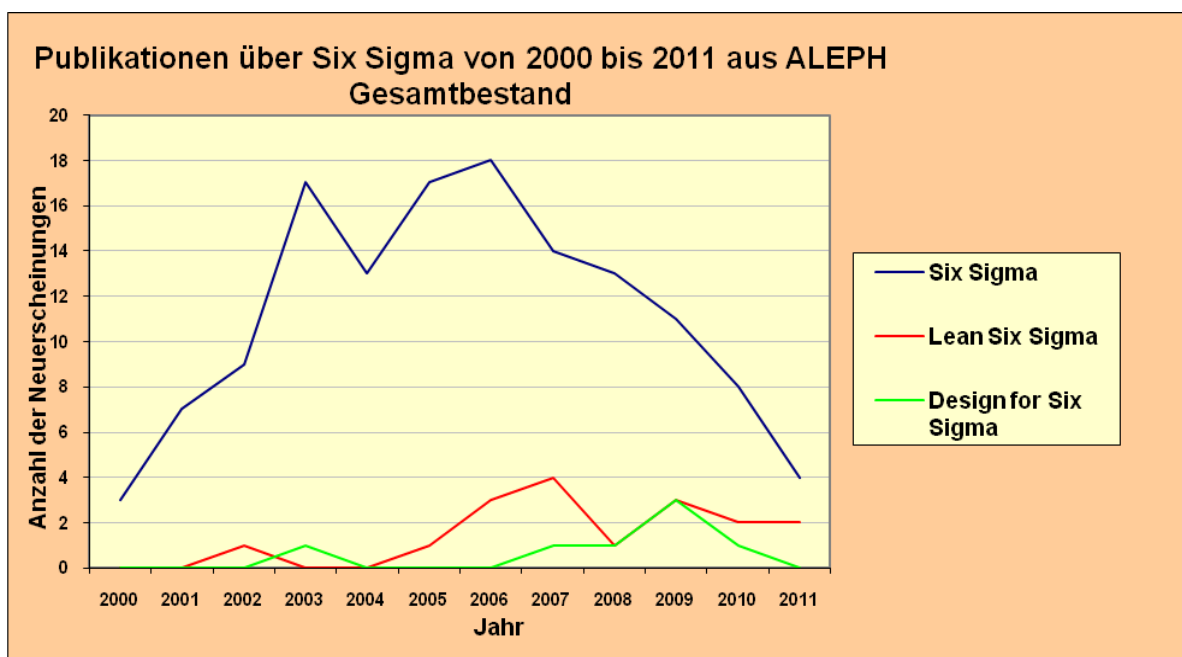


Abb.23: Neuerscheinungen zu den Themen Six Sigma, Lean Six Sigma, Design for SixSigma

Man kann anhand der Grafik sehr gut erkennen, dass offensichtlich 2006 der Höhepunkt der *Six Sigma*-Welle war. Seit diesem Zeitpunkt gehen die Neuerscheinungen zu diesem Thema zurück. Gleichzeitig mehren sich die Publikationen in den Bereichen Lean Six Sigma und Design for Six Sigma, allerdings scheint der Durchbruch noch nicht richtig zu gelingen.

5 Abkürzungsverzeichnis

bzw	beziehungsweise
CEO	Chief Executive Officer
etc	et cetera
ca	circa
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
DMADV	Define, Measure, Analyze, Design, Verify
CTQ	Critical to Quality
FpMM	Fehler pro Million Möglichkeiten
z.B	zum Beispiel
Dpmo	defects per million opportunities
SIPOC	Supplier Input Process Output Customer
VoC	Voice of the Customer
PPM	parts per million
RTY	rolled throughput yield
d.h	das heißt
SPC	Statistical Process Control
usw	und so weiter
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis (Fehlermöglichkeits-und –Einflussanalyse)

6 Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Die Gaußsche Glockenkurve (Normalverteilung) auf einem alten 10-DM-Schein

Abb.2: Der *Six Sigma*-Prozess

Abb.3: Nettoeinsparungen durch *Six Sigma* bei General Electric

Abb.4: Rollen und Aufgaben in *Six Sigma*

Abb.5: DMAIC-Verbesserungsprozess

Abb.6: Beispiel eines Fischgrätendiagramms

Abb.7: Pareto-Diagramm

Abb.8: Beispiel einer Mind Map

Abb.9: FMEA-Formblatt

Abb.10: Beispiel einer Qualitätsregelkarte

Abb.11: Beispiel eines Qualitätskreises

Abb.12: Beispiel einer Qualitätspyramide

Abb.13. Merkmalsarten in der Statistik

Abb.14: Sieben-mal-sieben-Toolbox

Abb.15: 12-Schritte-Umsetzungsmodell

Abb.16: Dreiphasenmodell von Lewin

Abb.17: Terminplanung

Abb.18: Pareto-Diagramm

Abb.19: Process Map 1

Abb.20: Process Map 2

Abb.21: Process Map 3

Abb.22: Process Map 4

Abb.23: Neuerscheinungen zu den Themen *Six Sigma*, *Lean Six Sigma*, *Design for Six Sigma*

7 Literaturverzeichnis

A. Monographien und sonstige selbstständige Veröffentlichungen

- Wappis, Johann: Jung, Berndt: Taschenbuch Null-Fehler-Management. Carl Hanser Verlag München Wien, 2006
- Magnusson, Kjell: Kroslid, Dag: Bergmann, Bo: Six Sigma umsetzen, Carl Hanser Verlag München Wien, 2004
- Does, R J M M: Zes Sigma zakelijk verbeterd, Samsom, 2001
- Harry, Mikel J: Schroeder, Richard R: *Six Sigma*, Campus Verlag, 2000
- Brunner, Franz J.: Wagner, Karl W.: Qualitätsmanagement, 4. Auflage, Carl Hanser Verlag München Wien, 2008,
- Dr. Gamsweger, J.: Dr. Jöbstl, O.: *Six Sigma* Belt Training, Carl Hanser Verlag München Wien, 2006
- Töpfer, Armin: *Six Sigma*: Konzeption und Erfolgsbeispiele für praktizierte Null-Fehler- Qualität, 4. Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2007
- Tavasli, Serkan: *Six Sigma* Performance Measurement System, Deutscher Universitäts-Verlag, 2007
- Töpfer, Armin: *Lean Six Sigma*: Erfolgreiche Kombination von Lean Management, *Six Sigma* und Design for *Six Sigma*, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2008
- Broecheler, Kirsten: Schönberger, Cornelia: *Six Sigma* für den Mittelstand, Campus Verlag GmbH Frankfurt/Main, 2004
- Toutenburg, Helge: Knöfel, Philipp: *Six Sigma*: Methoden und Statistik für die Praxis, 2. Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2007
- Brue, Greg: *Six Sigma* for managers, McGraw-Hill Companies, 2002
- Hering, Ekbert: Taschenbuch für Wirtschaftsingenieure, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag München Wien, 2009
- Brue, Greg: Howes, Rod: The McGraw- Hill 36- hour course *Six Sigma*, McGraw-Hill Companies, 2005
- Schulze, Alfred: Dietrich, Edgar: Statistische Verfahren zur Maschinen- und Prozessqualifikation, 6. Auflage, Carl Hanser Verlag München Wien, 2009
- Pfeifer, Tilo: Fertigungsmeßtechnik, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH München, 2001

- Zarnekow, Rüdiger: Brenner, Walter: Pilgram, Uwe: Integriertes Informationsmanagement, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2005
- Gundlach, Carsten: Praxishandbuch *Six Sigma*: Fehler vermeiden, Prozesse verbessern, Kosten senken, Symposion Publishing GmbH, Düsseldorf, 2008
- Kamiske, Gerd F.: Qualitätstechnik für Ingenieure, 2. Auflage, Symposion Publishing GmbH, Düsseldorf, 2009
- Nöllke, Matthias: Kreativitätstechniken, 5. Auflage, Haufe-Lexware GmbH & Co. KG, Freiburg, 2006
- Sodeik, Nicole: Projektmanagement wertorientierter Mergers & Acquisitions, Josef Eul Verlag GmbH, Köln, 2009
- Halatsch, Frank: *Six Sigma* im Projektmanagement, WEKA MEDIA GmbH & Co. KG, 2004
- Simon, Walter: GABAL's großer Methodenkoffer Managementtechniken, Gabal-Verlag, 2005
- Stimmer, Franz: Grundlagen des methodischen Handelns in der sozialen Arbeit, 2. Auflage, W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart, 2006
- Kessler, Heinrich: Winkelhofer, Georg: Projektmanagement: Leitfaden zur Steuerung und Führung von Projekten, 4. Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2004
- Breiting, Alois: Knosala, Ryszard: Bewerten technischer Systeme: Theoretische und methodische Grundlagen, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 1997
- Schierenbeck, Henner: Grundzüge der Betriebswirtschaftslehre, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München, 2003
- Corsten, Daniel: Gabriel, Christoph: Supply Chain Management erfolgreich umsetzen: Grundlagen, Realisierung und Fallstudien, 2. Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2004
- Geiger, Walter: Kotte, Willi: Handbuch Qualität: Grundlagen und Elemente des Qualitätsmanagements, Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden, 2007
- Seghezzi, Hans Dieter: Fahrni, Fritz: Herrmann, Frank: Integriertes Qualitätsmanagement: Der St. Gallen Ansatz, 3. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2007
- Urban, Dieter: Mayerl, Jochen: Regressionsanalyse: Theorie, Technik und Anwendung, 3. Auflage, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 2008
- Hartung, Joachim: Elpelt, Bärbel: Klösener, Karl-Heinz: Statistik, 14. Auflage, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München, 2005

- de Groot, Maarten: Teeuwen, Bert: Tielemans, Marco: KVP im Team, CETPM Publishing, Ansbach, 2008
- Tietjen, Thorsten: Müller, Dieter H.: FMEA- Praxis, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2003
- Brosius, Felix: SPSS 16, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2008
- Schawel, Christian: Billing, Fabian: Top Management 100 Tools, 2. Auflage, Gabler/GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2009
- Seiwert, Lothar J.: Labaek-Noeller, Anette: Müller, Horst: 30- Minuten-Zeitmanagement für Chaoten, 7. Auflage, GABAL Verlag GmbH, Offenbach, 2000
- Bayerl, Claudia Maria: 30 Minuten für Kreativitätstechniken, GABAL Verlag GmbH, Offenbach, 2005
- Malorny, Christian: Kreativitätstechniken:, 3. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2007
- Lindemann, Udo: Methodische Entwicklung technischer Produkte, 3. Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2009
- Zangemeister, Christof: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik, 1976
- Zäpfel, Günther: Strategisches Produktions- Management, 2. Auflage, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München, 2000
- Vahrenkamp, Richard: Produktionsmanagement, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München, 2004
- Stauss, Bernd: Seidel, Wolfgang: Beschwerdemanagement: unzufriedene Kunden als profitable Zielgruppe, 4. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2007
- Kessler, Rudolf W.: Prozessanalytik: Strategien und Fallbeispiele aus der industriellen Praxis, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2006
- Linß, Gerhard: Qualitätsmanagement für Ingenieure, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2005
- Masing, Walter: Schmitt, Robert: Masing Handbuch Qualitätsmanagement, 5. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2007
- Kühlmeyer, Manfred: Statistische Auswertungsmethoden für Ingenieure, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2001
- Mosler, Karl: Schmid, Friedrich: Beschreibende Statistik und Wirtschaftsstatistik, 3. Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2006
- Jann, Ben: Einführung in die Statistik, 2. Auflage, Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, München, 2005

- Hungenberg, Harald: Meffert, Jürgen: Handbuch strategisches Management, 2. Auflage, Gabler/GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2005
- Johannaber, Friedrich: Michaeli, Walter: Handbuch Spritzgießen, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2004
- Kletti, Jürgen: MES- Manufacturing Execution System, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2006
- Pande, Peter S.: Neuman, Robert P.: Cavanagh, Roland R.: *Six Sigma* erfolgreich einsetzen, 2001
- Fehlmann, Thomas Michael: *Six Sigma* in der SW- Entwicklung, Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden, 2005
- Jacob, Katja: Zusammenhang von Organisationswandel und innerer Kündigung: Maßnahmen zur Beilegung von internen Widerständen, IGEL Verlag GmbH, 2009
- Tietjen, Thorsten: Müller, Dieter H.: FMEA- Praxis, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2003

B. Internet

- http://www.sti-mi.de/index.php?option=com_content&task=view&id=223&Itemid=88,
Stand: 25.05.2010
- <http://www.arndt-bruenner.de/mathe/bilder/gauss10dm.gif>, Stand: 25.05.2010
- http://static1.cobocards.com/data/image/card/480_300/6/3/65107989.jpg, Stand:
25.05.2010
- <http://thurnerundpartner.de/bilder/sixsigmarollen.jpg>, Stand: 02.06.2010
- http://www.six-sigma.me/workspace/images/six_sigma_dmaic_1.jpg, Stand:
10.11.2011
- <http://wwwex.physik.uni-ulm.de/lehre/fehlerrechnung/node25.html>, Stand: 31.05.2010
- <http://www.faes.de/Basis/Basis-Statistik/Basis-Statistik-F-Test/basis-statistik-f-test.HTM>, Stand: 31.05.2010
- http://www.zero-defect.de/papierlos/GPU-Demo/PS_Messsystemanalyse.htm, Stand:
31.05.2010
- <http://www.qm-hypertool.de/wzurswi3.jpg>, Stand: 31.05.2010
- <http://www.winstat.de/function/graphics/pareto1.gif>, Stand: 24.06.2011

<http://www.jurawiki.de/MindMapping?action=AttachFile&do=get&target=beispiel.png>,

Stand: 31.05.2010

http://classic.unister.de/Unister/wissen/sf_lexikon/ausgabe_stichwort902_23.html,

Stand: 22.04.2010

<http://www.psychology48.com/deu/d/intersubjektiv/intersubjektiv.htm>,

Stand:

22.04.2010

<http://studix.wiwi.tu-dresden.de/Wiki-fi/images/a/a4/Qualit%C3%A4tsregelkarte.jpg>,

Stand: 31.05.2010

<http://www.denkeler-qm.de/Artikel/Kreis/krei.htm>, Stand: 21.04.2010

<http://www.intovis.de/intranet/qm/qual-pyramide/image>, Stand: 21.04.2010

<http://emilea-stat.stochastik.rwth-aachen.de/WebObjects/data/estat/BF190723->

[7EDE-F81A-C43E-7304B370C4E2/494_merkmalsarten.gif](http://emilea-stat.stochastik.rwth-aachen.de/WebObjects/data/estat/BF190723-7EDE-F81A-C43E-7304B370C4E2/494_merkmalsarten.gif), Stand: 12.11.2011

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2e/3Phasenmodell_von_Lewin.png

, Stand: 12.11.2011